EPS
ANN 13 (2)

DR. 2 Nº 714

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME L.

DE L'IMPRIMERIE DE Ve. THUAU,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

PAR MM. GAY-LUSSAC ET ARAGO.

TOME CINQUANTIÈME.

A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, rue et place de l'Ecole-de-Médecine, n° 13.

1832.

Digitized by the Internet Archive
in 2019 with funding from
Wellcome Library

https://archive.org/details/s3id13208190

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

Recherches *expérimentales sur l'Electricité;*

Par M. Michel Faraday.

Lues le 24 novembre 1831 à la Société royale de Londres. (Traduit des *Transactions philosophiques* par M. .....)

§ Ier. *Sur l'induction des courans électriques.*

§ II. *Sur le développement de l'électricité par le magnétisme.*

§ III. *Sur une nouvelle condition électrique de la matière.*

§ IV. *Sur les phénomènes magnétiques de M. Arago.*

(1) On a déjà exprimé par le mot général d'*induction* cette propriété qu'a l'électricité de tension de produire autour de soi un état électrique contraire. Ce mot ayant été adopté dans le langage de la science, peut servir à exprimer dans le même sens général le pouvoir qu'ont les courans électriques d'exciter sur la matière

qui est immédiatement près d'eux, un état particulier quelconque. Or c'est dans cette signification que je pense m'en servir dans cet écrit.

(2) Quelques effets de l'*induction* des courans électriques ont déjà été vérifiés et décrits, tels que ceux de la magnétisation; les expériences de M. Ampère d'approcher un disque de cuivre d'une spirale plane; la répétition qu'il a faite des expériences extraordinaires de M. Arago par les aimans électriques, et peut-être quelques autres. Mais on a toujours trouvé peu vraisemblable que ceux-ci dussent être tous les effets que l'*induction* des courans peut produire, d'autant plus qu'à l'exception du fer, ils doivent presque tous échapper à l'observation, tandis qu'une infinité de corps qui présentent des phénomènes déterminés d'*induction* par le moyen de l'électricité de tension, n'ont pas encore donné d'effet quand on les a soumis à l'*induction* de l'électricité en mouvement.

(3) En outre, soit qu'on adoptât la belle théorie de M. Ampère ou une autre, ou qu'on fît une restriction mentale quelconque, il paraissait encore bien extraordinaire que, comme tout courant électrique était accompagné d'une intensité proportionnée d'action magnétique à angle droit du courant, de bons conducteurs d'électricité, placés dans la sphère de cette action, ne dussent pas induire quelque courant parmi eux, ou produire quelque effet sensible équivalent en force à un tel courant.

(4) Ces considérations, et par conséquent l'espoir d'obtenir de l'électricité par le magnétisme ordinaire, m'ont porté à différentes époques à expérimenter l'effet

inductif des courans électriques. Je suis parvenu dernièrement à des résultats positifs, et j'ai trouvé, pour m'exprimer ainsi, une clef qui m'a paru mettre entièrement à découvert les phénomènes magnétiques de M. Arago, et dévoiler un nouvel état qui peut probablement avoir une grande influence sur quelques-uns des plus importans effets des courans électriques.

(5) Je me propose de décrire ces résultats, non tels que je les ai obtenus, mais de manière à pouvoir les présenter dans leur ensemble sous le point de vue le plus concis.

§ Ier. *Induction des courans électriques.*

(6) On entortilla à spirale, sur un cylindre de bois, environ vingt-six pieds de fil de cuivre, d'un vingtième de pouce en diamètre, et on interposa un fil retordu bien subtil entre les différentes révolutions de cette spirale pour empêcher tout contact entre elles. La spirale fut ensuite couverte de mousseline, et un second fil de métal fut appliqué de la même manière. Douze spirales furent ainsi superposées l'une à l'autre, chacune étant formée d'un fil de la longueur de vingt-sept pieds, et toutes dans une même direction. On réunit à leurs extrémités, bout à bout, la première, la troisième, la cinquième, la septième, la neuvième et la onzième de ces spirales; les autres furent jointes de la même manière : d'où résultèrent deux spirales principales étroitement interposées l'une à l'autre, ayant une même direction, ne se touchant nulle part, et contenant chacune cent cinquante-cinq pieds de fil métallique.

(7) L'une de ces spirales fut attachée au galvanomètre, et l'autre à une pile voltaïque bien chargée, de dix couples à double cuivre, dont chaque élément avait quatre pouces carrés; l'aiguille du galvanomètre ne présenta pas la moindre déviation.

(8) On forma également une spirale semblable de six longueurs de fil de cuivre et six de fil de fer doux. La spirale de fer qui en résulta contenait deux cent quarante pieds de fil métallique, celle de cuivre en contenait deux cent huit; mais soit que le courant eût passé de la pile à la spirale de cuivre ou à celle de fer, il ne fut encore possible d'apercevoir aucun effet au galvanomètre.

(9) Dans ces expériences et dans plusieurs autres semblables, on ne put découvrir entre le fer et autres métaux aucune différence d'action de quelque sorte que ce fût.

(10) Deux cent trois pieds de fil de cuivre d'une seule longueur furent entortillés sur un grand bloc de bois, et deux cent trois autres pieds du même fil furent interposés, comme une spirale, entre les révolutions du premier, en empêchant partout le contact métallique par du fil retordu. Une de ces spirales fut attachée à un galvanomètre, et l'autre le fut à une pile de cent couples à double cuivre, de quatre pouces carrés, et bien chargée. Lorsque le contact fut opéré, il se rendit sensible au galvanomètre par un effet soudain et très-léger, et il y eut le même effet au moment que le contact avec la pile fut interrompu. Mais pendant que le courant voltaïque passait dans l'une des spirales, on ne remarqua aucune apparence galvanométrique indiquant un effet d'induction quelconque sur l'autre spirale, quoique la

pile eût manifesté sa grande activité par la chaleur qu'elle avait excitée dans toute la spirale, et par l'éclat de sa décharge dans le charbon.

(11) La répétition de ces expériences faite avec une pile de cent vingt couples ne donna que les mêmes résultats ; cependant il demeura constaté, tant d'une manière que de l'autre, que la petite déviation que souffrait l'aiguille au moment de l'application de la spirale, était constamment dans une direction, et que la même légère déviation, produite lors de l'interruption du contact, était toujours dans l'autre ; il demeura aussi constaté qu'on avait les mêmes effets en se servant des premières spirales (6, 8).

(12) Les résultats que j'obtins cette fois-ci par les aimans me firent penser que le courant de la pile qui passait dans un fil, induisait réellement un courant semblable dans l'autre fil ; mais que ce courant ne continuait qu'un instant, et participait plus de la nature du courant électrique, produit par le choc de la bouteille ordinaire de Leyde, que du courant produit par la pile voltaïque ; et que, par conséquent, il aurait la force d'aimanter une aiguille d'acier, tandis qu'il ne pouvait que faiblement affecter le galvanomètre.

(13) Mon opinion fut confirmée, car en substituant au galvanomètre une petite spirale creuse faite autour d'un tube de verre, en introduisant dans la spirale une aiguille d'acier, en faisant le contact comme auparavant entre la pile et le fil d'induction (7, 10), et en ôtant l'aiguille avant que le contact de la pile fût interrompu, l'aiguille se trouvait aimantée.

(14) Le contact de la pile aussitôt opéré, on intro-

duisit une aiguille non aimantée dans la petite spirale que nous venons d'indiquer ; au moment que ce contact cessait, l'aiguille se trouva être évidemment aimantée à un même degré que la première, mais les pôles l'étaient d'une manière contraire.

(15) On obtint les mêmes effets par la grande spirale double dont nous avons donné précédemment la description (6, 8).

(16) Lorsqu'on introduisit l'aiguille non aimantée dans la petite spirale déjà indiquée, avant le contact du fil d'induction avec la pile, et qu'on l'y laissa jusqu'à ce que le contact fût interrompu, elle ne présenta qu'un magnétisme faible ou nul : le premier effet avait été immédiatement neutralisé par le second (13, 14). La force du courant d'induction, au moment qu'on opérait le contact, fut toujours trouvée plus grande que celle du courant d'induction au moment que le contact était interrompu ; c'est pourquoi en opérant et interrompant le contact plusieurs fois de suite pendant que l'aiguille restait dans la petite spirale dont nous avons parlé, elle en sortait enfin non aimantée, comme si le courant d'induction qui se développait au moment du contact avait seul exercé sur elle son action. Cet effet peut être attribué à l'accumulation (comme on l'appelle) aux pôles de la pile avant que le contact soit opéré ; de sorte que, au premier instant du contact, le courant est plus puissant qu'il ne l'est après, au moment que le contact cesse.

(17) Lorsque le circuit entre la spirale ou fil d'induction, et le galvanomètre ou la spirale indiquée, n'était pas complété avant que la connexion entre la pile et le

fil d'induction fût opérée ou interrompue, on n'apercevait aucun effet au galvanomètre. Ainsi, si, après avoir opéré les communications de la pile, on unissait le fil d'induction avec la petite spirale indiquée, il n'en résultait aucun effet magnétique. Mais en retenant les communications avec la pile, on trouvait dans la spirale, quand elles cessaient, un effet magnétique de la seconde espèce, c'est-à-dire avec les pôles qui indiquaient un courant dans la même direction que celui de la pile, ou celui qui d'abord en était toujours excité.

(18) Dans les expériences précédentes les fils métalliques étaient placés l'un à côté de l'autre, et le contact du fil d'*induction* avec la pile avait été opéré lorsqu'on avait désiré obtenir l'effet d'induction; mais comme il se pouvait que quelque action particulière se fût développée dans les momens que le contact était opéré et interrompu, on voulut obtenir l'*induction* par une manière différente. Plusieurs pieds de fil de cuivre furent étendus en forme de grands zigzag, représentant la lettre W, sur la surface d'une large planche; un second fil fut étendu précisément comme le premier sur une seconde planche, de sorte qu'en approchant celle-ci de la première, les fils se touchaient partout, si ce n'est qu'une feuille de gros papier les séparait. Un de ces fils fut attaché au galvanomètre, et l'autre à une pile voltaïque. On avança ensuite le premier fil vers le second, et à mesure qu'il approchait, l'aiguille allait en déviant : on l'éloigna, et l'aiguille marcha dans une direction contraire. Quand on approchait ou on reculait les fils simultanément aux oscillations de l'aiguille, celles-ci devenaient fort étendues; mais dès que les fils cessaient de bouger, soit dans un

sens soit dans l'autre, l'aiguille du galvanomètre reprenait immédiatement sa position ordinaire.

(19) Lorsque les fils s'approchaient, le courant induit (*induced*) était dans une direction *contraire* au courant inducteur (*inducing*). Lorsque les fils s'éloignaient, le courant induit était dans la *même* direction que le courant inducteur. Lorsque les fils demeuraient stationnaires il n'y avait aucune *induction* de courant (54).

(20) Un petit appareil voltaïque fut introduit dans le circuit entre le galvanomètre (10) et sa spirale ou fil métallique, de manière à produire une déviation permanente de 30° ou 40°; on attacha la pile de cent couples au fil inducteur (*inducing*); il y eut une action instantanée comme auparavant (11), mais l'aiguille du galvanomètre reprenait ou retenait inaltérablement sa place, malgré le contact continué du fil inducteur avec la pile. Tel était le résultat qu'on obtenait de quelque manière que les contacts fussent opérés (33).

(21) Il résulterait de ce qu'on vient de dire que les courans collatéraux, tant dans la même direction qu'en direction contraire, n'excitent l'un sur l'autre aucun pouvoir inducteur permanent par rapport à leur quantité ou tension.

(22) Je n'ai pu, ni par la langue, ni par l'étincelle, ni par la chaleur d'un fil fin ou du charbon, obtenir aucun indice de l'électricité qui passe à travers le fil sous l'induction; et je n'en ai pas non plus obtenu aucun effet chimique, quoique les contacts avec les solutions métalliques et d'autres fussent opérés et interrompus alternativement avec les contacts de la pile, et de manière que

le second effet d'induction ne pouvait guère contrarier ou neutraliser le premier (13, 16).

(23) Une telle absence d'effet ne provient pas de ce que le courant induit (*induced*) de l'électricité ne peut pas traverser les fluides, mais elle naît probablement du peu de durée du courant ou de sa faible intensité; car en introduisant deux grandes planches de cuivre dans le circuit à l'endroit induit (20), et après les avoir plongées dans de l'eau salée, et en évitant tout contact entre elles par de la toile interposée, l'effet qui en résultait au galvanomètre *indicateur*, ou spirale, était le même qu'auparavant.

L'électricité induite put aussi passer à travers la pile (20). Cependant lorsque la quantité du fluide fut réduite à une goutte, le galvanomètre ne marqua aucune indication.

(24) On essaya d'obtenir les mêmes effets par l'usage des fils conducteurs de l'électricité ordinaire, mais on ne parvint qu'à des résultats douteux. On mit en œuvre une double spirale pareille à celle déjà décrite (6), et renfermant huit spirales élémentaires. Quatre de ces spirales avaient leurs bouts respectifs liés ensemble par un fil métallique, et les deux grandes extrémités qui en résultaient, ainsi prolongées et attachées à une petite spirale magnétisante (*magnetising*), contenaient une aiguille non aimantée (13). Les quatre autres spirales furent arrangées de la même manière, mais avec les bouts attachés à une bouteille de Leyde. En opérant la décharge, l'aiguille fut trouvée aimantée; mais il paraît probable qu'une partie de l'électricité de la bouteille passa dans la petite spirale et aimanta l'aiguille. En effet

il n'y avait aucune raison pour que l'électricité de la bouteille, douée comme elle était d'une grande tension, ne dût pas se répandre dans toute la matière métallique interposée.

(25) Aussi il ne s'ensuit pas que la décharge de l'électricité ordinaire par un fil métallique ne puisse pas produire des phénomènes analogues à ceux qu'on obtient de l'électricité voltaïque ; mais comme il semble impossible de séparer les effets produits au moment que la décharge commence, d'avec les effets égaux ou contraires qui ont lieu lorsque la décharge finit (16), par la raison qu'avec l'électricité ordinaire ces momens sont simultanés, ainsi il est à peine permis d'espérer qu'on puisse les observer dans les expériences faites par ce moyen.

(26) Il est donc évident que les courans de l'électricité voltaïque présentent des phénomènes d'*induction* analogues en partie à ceux que produit l'électricité de *tension*, quoiqu'il existe plusieurs différences entre ces phénomènes, comme on le verra ensuite. Ce qui en résulte est la production de courans qui ne sont que passagers, parallèles ou tendant au parallélisme avec le courant *inducteur*. Par rapport aux pôles de l'aiguille formée dans la spirale indiquée ci-dessus (13, 14), et quant aux déviations de l'aiguille du galvanomètre (11), on trouvait dans tous les cas que le courant *induit*, produit par la première action du courant *inducteur*, était en direction contraire au courant successif, mais que le courant produit par la cessation du courant *inducteur* était dans la même direction. Pour éviter toute circonlocution, je propose de donner à cette action du courant de la pile voltaïque la dénomination d'*induction*

volta-électrique. Les propriétés du fil métallique, après que l'induction a développé le premier courant, et pendant que l'électricité de la pile continue à passer par son voisin *inducteur* (16, 18), établissent une condition électrique particulière que nous examinerons ensuite. Tous ces résultats ont été obtenus avec un appareil voltaïque composé de deux seuls élémens.

§ II. *Développement de l'électricité par le magnétisme.*

(27) On fit un anneau avec une barre ronde de fer doux, le métal ayant sept huitièmes de pouce d'épaisseur, l'anneau six pouces de diamètre extérieur. On mit autour d'une partie de cet anneau trois spirales dont chacune contenait vingt-quatre pieds environ de fil de cuivre d'un vingtième de pouce d'épaisseur; elles étaient isolées du fer et l'une de l'autre, et superposées de la manière déjà indiquée (6), occupant sur l'anneau une longueur de neuf pouces environ. Elles pouvaient être employées séparément ou ensemble : on peut en voir le groupe marqué A (fig. 1). On appliqua de la même manière, de l'autre côté de l'anneau, soixante pieds environ du même fil de cuivre, formant une spirale B, qui avait une même direction que les spirales du groupe A, mais qui en était séparée à chaque extrémité par un demi-pouce environ de fer découvert.

(28) On attacha par des fils de cuivre la spirale B à un galvanomètre à trois pieds de l'anneau. Les fils de A furent joints à leurs bouts, de manière à former une

longue spirale, dont on unit les extrémités à une pile de dix couples de quatre pouces carrés. Le galvanomètre en fut immédiatement affecté, et à un degré fort au-delà de celui qu'on avait remarqué lorsque, avec une pile d'une force décuple, on avait fait usage de spirales sans fer (10); mais quoique le contact continuât, l'effet ne fut pas permanent, car l'aiguille vint reprendre bientôt sa position naturelle, comme si elle ne ressentait nullement l'influence de l'appareil électro-magnétique. En faisant cesser le contact avec la batterie, l'aiguille subit de nouveau une déviation très-forte, mais en direction contraire à celle remarquée au commencement de l'expérience.

(29) On obtint des effets semblables, et même plus forts peut-être, en arrangeant l'appareil de manière que la spirale B fut mise hors de service, et le galvanomètre fut attaché à l'un des trois fils de A et aux deux autres disposés en forme d'une spirale par où était passé le courant de la pile (28).

(30) Lorsque le contact de la pile était opéré dans une direction, l'aiguille du galvanomètre marchait d'un côté; lorsqu'il était opéré dans l'autre direction, l'aiguille marchait de l'autre côté. La déviation qui avait lieu au moment où cessait le contact de la pile était constamment à rebours de l'autre produite par l'accomplissement du contact, et au moment que ce contact s'effectuait, la déviation indiquait toujours un courant *induit* contraire en direction au courant qui partait de la pile; tandis que la cessation du contact produisait une déviation qui indiquait un courant *induit* dans la même direction que celui de la pile. Mais,

soit qu'on opérât ou qu'on interrompît le contact du côté B, ou dans un point quelconque du circuit du galvanomètre, ce dernier n'indiquait aucun effet, et de même il n'y avait aucune déviation dans l'aiguille du galvanomètre pendant la durée du courant de la pile. Il est superflu de s'entretenir plus particulièrement de ces résultats, car ils sont communs à toutes ces expériences et à leurs analogues faites avec le magnétisme ordinaire, que nous aurons à détailler.

(31) En employant le pouvoir de cent paires de couples (10) avec l'anneau déjà décrit, l'impulsion au galvanomètre, lorsque le contact s'accomplissait ou cessait, était tellement forte qu'elle faisait tourner rapidement l'aiguille quatre ou cinq fois sur elle-même avant que l'air et le magnétisme terrestre pussent en réduire le mouvement à l'état de simple oscillation.

(32) Par l'usage du charbon aux extrémités de la spirale B, il fut possible d'apercevoir une petite étincelle lorsque le contact de la pile avec A fut établi. Cette étincelle ne pouvait être attribuée à aucune diversion d'une partie du courant de la pile à travers le fer de la spirale B; car pendant la durée du contact de la pile, le galvanomètre retournait complètement à son état d'indifférence (28). Il n'arriva que rarement de voir l'étincelle lors de la cessation du contact. On essaya en vain, par ce courant, produit par influence, d'exciter l'ignition dans un petit fil de platine; mais il y a peut-être toute raison de croire qu'on y aurait réussi en faisant usage d'un courant primitif plus fort, ou d'un plus puissant arrangement de spirales.

(33) On dirigea un faible courant voltaïque par la

spirale B et le galvanomètre, de manière à produire sur l'aiguille une déviation de 30 ou 40 degrés, et ensuite on fit communiquer A à la pile de cent couples ; mais après que le premier effet fut accompli, l'aiguille du galvanomètre reprit exactement la position convenable au faible courant transmis par son propre fil. Cela arrivait de quelque manière que les contacts fussent opérés, ce qui fait voir que, même ici (20), il n'existe aucune influence permanente des courans l'un sur l'autre par rapport à leur quantité et leur tension.

(34) On fit usage ensuite d'une autre disposition qui rattachait les expériences précédentes sur l'induction volta-électrique à l'expérience suivante. Avec deux cent vingt pieds de fil de cuivre repliés en huit longueurs, on construisit sur un cylindre creux de carton une combinaison de spirales pareilles à celle déjà décrite (6). Quatre de ces spirales jointes bout à bout furent attachées au galvanomètre : on joignit également bout à bout les quatre autres spirales qui restaient, et puis on déchargea par elles la pile de cent couples. L'effet obtenu au galvanomètre par ce procédé fut à peine sensible (11), si ce n'est qu'on parvint à faire des aimans par le courant excité (induced) (13). Mais lorsqu'on eut introduit dans le tube de carton, entouré par les spirales, un cylindre de fer doux de l'épaisseur de sept huitièmes de pouce et long de douze pouces, alors le courant par influence (*induced*) affecta le galvanomètre d'une manière très-forte et avec tous les phénomènes déjà cités (30) : il manifesta ainsi un pouvoir magnétisant évidemment plus énergique que celui qu'il avait sans la présence du cylindre de fer.

(35) En substituant au cylindre de fer un cylindre

semblable de cuivre, on n'obtint pas plus que l'effet des spirales. Cependant l'usage des cylindres de fer ne donna pas un résultat aussi marqué que l'usage de l'anneau dont nous avons parlé ci-dessus (27).

(36) De pareils effets furent ensuite produits par les *aimans ordinaires*. Au moyen de deux fils de cuivre longs de cinq pieds chacun, on attacha au galvanomètre toutes les spirales élémentaires de la spirale creuse dont nous venons de faire la description (34); on introduisit dans son axe le cylindre de fer doux; ensuite on arrangea deux barres aimantées, longues de vingt-quatre pouces chacune, de manière que d'un côté leurs pôles opposés étant mis en contact entre eux, figuraient à peu près un aimant à fer de cheval, et les autres pôles, de l'autre côté, étant mis en contact avec les deux bouts du cylindre de fer, celui-ci se trouvait momentanément changé en un aimant (fig. 2). En interrompant ou en renversant les contacts magnétiques, on put à loisir interrompre ou renverser le magnétisme du cylindre de fer.

(37) Au moment où le contact fut opéré, l'aiguille dévia : pendant la durée du contact elle devint indifférente et reprit sa première position; à la cessation du contact elle dévia de nouveau, mais dans une direction contraire au premier effet, et redevint ensuite indifférente. On renversa les contacts magnétiques, et les déviations de l'aiguille furent renversées.

(38) Lorsque le contact magnétique fut opéré, la déviation de l'aiguille indiqua un courant (*induced*) d'électricité par influence, ayant une direction contraire au courant qu'on aurait employé pour développer dans le fer doux un magnétisme de la même polarité que le ma-

gnétisme réellement produit par le contact avec les barres aimantées. Ainsi lorsque les pôles *marqués et non marqués* furent placés comme on les voit dans la 3e fig., le courant dans la spirale marcha dans la direction indiquée par les petites flèches, en supposant que P soit le bout du fil métallique qui va au pôle positif de la pile, ou le bout auquel font face les disques de zinc, et que N soit le fil métallique négatif. Un tel courant aurait changé le cylindre en un aimant de nature opposée à l'aimant formé par le contact avec les pôles A et B : la direction de ce courant est en sens inverse de celle des courans qui, dans la belle théorie de M. Ampère, sont considérés comme formant un aimant équivalent au cylindre de fer doux (1).

(39) Mais comme on pouvait supposer que dans toutes les expériences précédentes de cette section, le courant passager par influence (*induced*) était excité par quelque effet particulier qui avait lieu pendant la formation

---

(1) Il y a plusieurs personnes qui ont de la peine à se rappeler la position relative d'un courant électrique et d'un aimant; c'est pourquoi M. Ampère et d'autres ont imaginé trois ou quatre moyens pour aider la mémoire. J'ose en proposer un qui me paraît fort simple et utile dans ce cas et dans d'autres semblables. Que l'observateur se figure avoir ses regards fixés sur une aiguille d'inclinaison ou sur le pôle de la terre; qu'il se figure ensuite la direction du mouvement des aiguilles d'une montre ou d'une vis qui tourne directement : les courans qui suivraient cette direction autour d'une aiguille la rendraient magnétique comme l'aiguille d'inclinaison, ou formeraient eux-mêmes un *électro-aimant* doué de propriétés semblables. De tels courans approchés d'un aimant tendraient à lui faire prendre la direction de l'aiguille d'inclinaison, ou seraient dirigés vers cette po-

de l'aimant, et non par sa seule approximation virtuelle, on fit l'expérience suivante : on lia ensemble par un fil de cuivre tous les bouts analogues de la spirale creuse composée (34) ; il en résulta ainsi deux extrémités communes qu'on attacha à un galvanomètre. On ôta le cylindre de fer doux (34), et on le remplaça par un aimant cylindrique de trois quarts de pouce en diamètre, et de huit pouces et demi en longueur. Un bout de cet aimant fut placé dans l'axe de la spirale (fig. 4), et pendant que l'aiguille du galvanomètre demeurait encore stationnaire, on introduisit l'aimant tout-à-coup : il en résulta immédiatement une déviation dans l'aiguille, dans la même direction que si l'aimant eût été produit de l'une ou l'autre des deux manières précédentes (34, 36). En laissant l'aimant où il était, l'aiguille reprenait sa première position ; en le retirant, l'aiguille marchait dans une direction contraire. Ces effets n'étaient pas grands ; mais en avançant ou en retirant l'aiguille de manière que chaque impulsion fût chaque fois ajoutée aux impulsions communiquées précédemment à l'aiguille, celle-ci pouvait étendre ses oscillations jusques à une amplitude de 180° et même davantage.

(40) Il faut, dans cette expérience, que l'aimant ne passe pas entièrement à travers la spirale, car alors on a une

---

sition par un aimant ainsi placé ; et dans la théorie de M. Ampère, ils sont considérés comme suivant cette direction dans un aimant. En se rappelant ces deux choses, la position de l'aiguille d'inclinaison, la marche des aiguilles de la montre, il est facile de déduire de suite toute autre relation entre le courant et un aimant.

seconde action. Lorsque l'aimant est introduit, l'aiguille du galvanomètre dévie dans une certaine direction; mais après qu'il y est, qu'on l'avance entièrement ou qu'on le retire, l'aiguille dévie dans une direction contraire à la précédente. Lorsque l'aimant est introduit par un mouvement uniforme, l'aiguille commence par marcher dans une direction, puis elle s'arrête soudainement, et marche enfin dans une direction contraire.

(41) Si on place dans la direction de l'est à l'ouest (ou dans quelque autre position constante) une spirale creuse, telle que celle dont on a donné la description (34), et qu'on dirige de la même manière un aimant de l'est à l'ouest, alors, quel que soit le bout de la spirale où entre l'aimant, et quel que soit par conséquent le pôle de l'aimant qui entre le premier, l'aiguille marche toujours dans le même sens; d'un autre côté, quelque direction qu'on suive en retirant l'aimant, la déviation de l'aiguille est constante, mais en sens contraire à celle produite par l'introduction de l'aimant.

(42) Il n'y a dans ces effets que de simples conséquences de la loi que nous aurons à décrire dans la suite (114).

(43) Lorsque les huit spirales élémentaires furent arrangées en une longue spirale, l'effet qui en résulta ne fut pas aussi grand que l'effet obtenu par l'arrangement dont nous venons de parler, et il fut ensuite moindre quand, des huit spirales, on n'en employa qu'une. On prit toutes les précautions pour éviter une action directe quelconque de l'aimant *inducteur* (inducing) sur le galvanomètre, et on trouva qu'en poussant l'aimant dans la même direction et au même degré sur l'extérieur

de la spirale, il n'en résultait aucun effet sur l'aiguille.

(44) La Société royale possède un grand aimant composé, qui, dans le temps, appartenait à M. le docteur Gowin Knight; c'est de cet aimant que, par la permission de M. le président et du conseil, j'ai pu me servir dans les expériences en question. Il se trouve maintenant confié à M. Christie, à sa demeure à Woolwich, où, grâce à sa bonté, j'eus la faculté de travailler; et je dois ici reconnaître les obligations que je lui ai pour l'assistance qu'il m'a prêtée dans toutes les expériences et les observations faites avec lui. Cet aimant est formé d'environ 450 barres aimantées, dont chacune est longue de quinze pouces, large d'un pouce et de l'épaisseur d'un demi-pouce; il est arrangé dans une boîte de manière à présenter à l'une de ses extrémités deux pôles extérieurs (fig. 5). Ces pôles débordant la boîte horizontalement de six pouces, avaient chacun douze pouces de long et trois de large. Ils étaient à neuf pouces l'un de l'autre, et lorsqu'on eut mis entre eux un cylindre de fer doux, de trois quarts de pouce en diamètre et de douze pouces en longueur, il y fallut une force de presque cent livres pour rompre le contact. Le pôle qui se trouve à gauche dans la figure est le pôle *marqué* (marked) (1).

(45) Dans toutes les expériences faites avec un tel aimant, le galvanomètre indicateur en était à huit pieds

---

(1) Pour éviter toute confusion par rapport aux pôles de l'aimant, j'appellerai pôle *marqué* (marked) le pôle tourné au nord; je peux, par incident, parler des extrémités nord et sud de l'aiguille, mais je n'entends pas indiquer par là les pôles

de distance à peu près, placé non directement vis-à-vis les pôles, mais à 16° ou 17° environ de côté. On remarqua que, soit en opérant, soit en détruisant la jonction des pôles par le fer doux, l'instrument en était légèrement affecté ; on put détruire sans peine et exactement toute erreur d'observation produite par cette cause.

(46) Un tel aimant donna des effets électriques fort frappans. On mit en contact avec ses deux pôles (fig. 5) un cylindre de fer doux, long de treize pouces, introduit d'avance dans la spirale creuse composée, dont les bouts, réunis en deux extrémités communes (39), avaient été attachés au galvanomètre : il en résulta un développement d'électricité si puissant qu'il put faire faire à l'aiguille plusieurs révolutions de suite (1).

(47) Malgré cette grande puissance, si le contact était continué, l'aiguille reprenait sa position naturelle, cessant entièrement d'être influencée par la position de la spirale (30). Mais en rompant le contact magnétique, l'aiguille tournait dans une direction contraire avec la même force qu'auparavant.

(48) On roula une fois autour du cylindre de fer un morceau d'une planche de cuivre formant comme un

---

nord et sud. Pour bien des gens le véritable pôle nord d'une aiguille est celui qui est tourné au sud ; mais dans ce pays un tel pôle est souvent appelé le pôle sud.

(1) Une barre de fer doux formant l'armure d'un aimant en fer à cheval, enveloppée vers son milieu d'un fil enroulé de la même substance, devient, par juxta-position avec l'aimant, une source prompte d'un courant d'électricité passager, mais énergique.

tuyau, en ayant pourtant la précaution de placer entre les tours consécutifs une feuille de papier pour empêcher tout contact entre eux, et puis on joignit les bords du cuivre avec les fils du galvanomètre. Lorsque le fer toucha les pôles, le galvanomètre en fut puissamment affecté.

(49) Mettant de côté les hélices et les feuilles roulées, on fit passer les fils du galvanomètre sur la barre de fer, qu'ils n'embrassaient ainsi qu'à moitié (fig. 6); cependant l'aiguille était toujours puissamment affectée chaque fois que le contact magnétique était établi ou rompu.

(50) On obtint encore de puissans effets lorsque la spirale, avec son cylindre de fer, fut portée près des pôles magnétiques, sans pourtant les toucher. Lorsqu'elle fut approchée de ces pôles ou placée entre eux (44) (mais sans le cylindre de fer, et par conséquent sans autre métal que du cuivre), l'aiguille fut éloignée de 80°, 90°, et plus, de sa position naturelle. La force inductive était naturellement plus grande à mesure qu'on portait plus près des pôles la spirale sans son cylindre de fer ou avec lui; au reste, soit que la spirale sans son cylindre ou avec lui fût ou ne fût pas mise en contact avec l'aimant, il en résultait les mêmes phénomènes; c'est-à-dire, aucun effet permanent n'était produit au galvanomètre, et les effets pendant l'approximation et l'éloignement étaient le contraire l'un de l'autre (30).

(51) On introduisit dans la spirale une barre de cuivre semblable au cylindre de fer : l'effet qui en résulta ne fut pas plus grand que sans barre. Mais lorsque celle-ci fut remplacée par un gros fil de fer, l'*induction* magnéto-électrique devint sensiblement plus grande.

(52) La direction du courant électrique, produit dans

toutes ces expériences par l'usage de la spirale, fut la même que celle, dont nous avons déjà parlé (38), obtenue par l'emploi de la plus faible barre aimantée.

(53) Une spirale formée de quatorze pieds de fil de cuivre, attachée au galvanomètre et approchée directement vers le pôle *marqué* (marked) dans la ligne de son axe, affecta l'instrument avec force. Le courant d'induction (formé par influence, *induced*) dans la spirale, était en direction contraire au courant que M. Ampère regarde théoriquement comme existant dans l'aimant (38) ou au courant qui existe en effet dans un électro-aimant de polarité analogue. Lorsque la spirale fut retirée, il y eut renversement de direction dans le courant d'induction (*induced*).

(54) On fit traverser une spirale semblable par un courant de quatre-vingts couples de quatre pouces, de manière à former un électro-aimant, en même temps qu'on approcha d'elle l'autre spirale attachée au galvanomètre (53). L'aiguille indiqua par ses oscillations un courant dans la spirale du galvanomètre, contraire au courant de la spirale de la pile (18, 26). En éloignant cette dernière spirale, l'aiguille marchait dans une direction contraire.

(55) Des courans par induction furent développés (induced) dans de simples fils métalliques en les approchant, en certaines directions, vers le pôle magnétique. Leur éloignement de ce pôle produisait un renversement de direction dans les courans. Il faut avoir soin, dans toutes les expériences de pareille nature, que les fils soient éloignés dans les directions mêmes suivant lesquelles ils ont été approchés; autrement il arrive des

effets bizarrement compliqués et irréguliers, dont nous mettrons en évidence les causes dans la quatrième partie de cet écrit.

(56) C'est en vain qu'on s'efforça d'obtenir des effets chimiques par le courant électrique *d'induction*, quoiqu'on employât les précautions déjà indiquées (22) et toutes les autres qu'on pût imaginer. On n'en retira aucune sensation sur la langue ni aucun effet convulsif sur les membres d'une grenouille : il fut de même impossible de faire rougir ni du charbon ni un fil métallique (13). Mais en répétant les expériences, avec plus de loisir, à l'Institut royal, avec un aimant armé (*armed*) appartenant à M. le professeur Daniell, et capable de soulever trente livres environ, on parvint à exciter des convulsions très-violentes dans une grenouille chaque fois qu'on opérait le contact magnétique. On ne put d'abord obtenir le même résultat par l'interruption du contact; mais songeant que cette absence de résultat pouvait dériver de la lenteur comparative avec laquelle on interrompait le contact magnétique, on effectua ce mouvement par un rude coup, et la grenouille fut immédiatement saisie par de fortes convulsions. On produisait des convulsions toujours plus violentes à mesure qu'on opérait avec plus de vitesse la jonction ou la disjonction. Je pensai alors que je pourrais aussi éprouver la sensation sur la langue et voir l'étincelle; mais je ne parvins à obtenir aucun signe de décomposition chimique.

(57) Toutes les expériences rapportées dans cette section prouvent très-complètement, je pense, la production de l'électricité par le magnétisme ordinaire. Que son intensité soit bien faible et sa quantité bien petite;

il serait impossible de le trouver extraordinaire, quand on se rappelle que, comme la thermo-électricité, elle est entièrement développée dans la substance de métaux qui conservent toute leur puissance conductrice. Mais un agent qui est conduit le long des fils métalliques de la manière que nous avons exposée; qui, pendant un tel passage, est doué des propriétés particulières magnétiques et de la force d'un courant d'électricité; un agent qui peut ébranler et mettre en convulsion les membres d'une grenouille, et qui peut enfin, dans la décharge, produire l'étincelle par le charbon de bois (32), un tel agent ne peut être que de l'électricité. Comme on peut obtenir tous les effets décrits, par les électro-aimans contenant du fer, il n'y a aucun doute que dans les expériences dont il s'agit, on ne puisse faire usage d'arrangemens pareils aux aimans de MM. les professeurs Moll, Henry, Jen Eyke et d'autres, aimans auxquels on a pu suspendre jusqu'à deux mille livres; et cela étant, on doit pouvoir en obtenir non seulement une plus éclatante étincelle, mais aussi exciter l'ignition dans des fils métalliques et produire des actions chimiques, puisque le courant peut passer les liquides (23). Il doit être encore plus facile d'obtenir ces effets, lorsque les arrangemens magnéto-électriques, dont on traitera dans la quatrième section, seront excités par les forces des appareils en question.

(58) L'affinité d'action, qui va presque à identité, entre les aimans et les *électro-aimans*, ou les courans *volta-électriques*, s'accorde admirablement avec la théorie de M. Ampère, et fournit de puissantes raisons pour croire que l'action est la même dans les deux cas;

mai comme il est encore nécessaire d'introduire une distuction dans le langage, je propose d'appeler l'action ainsi excitée par les aimans ordinaires, induction *magnœ-électrique*, ou *magnélectrique* (26).

(9) La seule différence dont on est vivement frappé en omparant l'*induction volta-électrique et l'induction magnéto-électrique*, c'est la promptitude avec laquee agit la première, et le temps sensible qu'y emploi la seconde. Mais dans cette première époque d'invesgation il y a déjà des circonstances qui paraissent indquer que par des recherches postérieures on verra une telle différence s'évanouir comme une distinction phosophique (68).

§ III. *Nouvel état électrique de la matière* (1).

60) Lorsqu'un fil de métal est soumis à l'induction *vota-électrique* ou *magnéto-électrique*, il semble être dans un état particulier; car il résiste à la formation d'un courant électrique, quoique dans les conditions ordnaires ce courant puisse être produit. Et lorsqu'on cese d'agir sur lui, il a le pouvoir de produire un courant, poivoir qu'il ne possède pas dans les circonstances ordinaies. Cette condition électrique de la matière n'avait

---

(1) Cette section ayant été lue à la Société royale, et ayant été annoncée à l'Institut de France, en conséquence de ma lettre à M. Hachette, je suis obligé de la laisser subsister dans ce mémoire. Mais des recherches (73, 76, 77) sur les lois de ces phenomènes me font penser qu'on peut les expliquer sans admettre l'état *électro-tonique*; on verra la suite de mes idées sur ce point dans la seconde partie de ces recherches. (M. F.)

pas été constatée jusqu'à présent, mais elle exerce ro-
bablement une grande influence dans presque tus,
sinon dans tous les phénomènes produits par les cotans
électriques. Après en avoir parlé avec plusieurs denes
savans amis, je me suis aventuré à désigner cet état sos le
nom d'*électro-tonique*; on en verra la raison bientôt (1).

(61) Cette condition particulière ne montre aucun gne
électrique lorsqu'elle subsiste quelque temps, et jen'ai
jamais été à même de découvrir que la matière posédât
aucune propriété spéciale lorsqu'elle restait dans cet tat.

(62) Elle ne montre aucune réaction par des pouvirs
attractifs ou répulsifs. Les diverses expériences quiont
été faites avec de puissans aimans sur le cuivre, l'argnt,
et en général sur des corps non magnétiques, prouvnt
ce point. J'ai placé des disques de cuivre et d'argnt,
suspendus délicatement à une balance de torsion ans
le vide, près des pôles d'un puissant aimant, et je 'ai
jamais pu observer la moindre attraction ou répulsion.

(63) J'ai mis aussi un petit morceau d'or en feuille
près d'une barre de cuivre, en formant un contact né-
tallique aux extrémités par du mercure. Cet apparei fut
placé dans le vide, de manière que des barres de méal,
en contact avec les extrémités de l'appareil, pusent
passer dans l'air. Alors j'ai fait mouvoir de puisans
pôles magnétiques dans différentes directions, en for-
mant ou en interrompant le circuit par des fils métalli-
ques. Mais je n'ai jamais obtenu aucun mouvement sen-
sible dans la feuille d'or, qu'elle fût dirigée vers l'aimant
ou vers la barre de cuivre latérale qui devait se trouver
dans un état semblable.

(64) Dans quelques cas, on a supposé que dans ces

circonstances il s'est développé des forces attractives et répulsives ; c'est-à-dire que ces corps sont devenus de forts aimans. Mais les phénomènes que nous venons de décrire et la confiance que nous inspire la théorie de M. Ampère sur le magnétisme tendent à nous faire douter de ces faits. Car si le magnétisme dépend de l'attraction des courans électriques, et si de puissans courans excités à la fois par l'induction volta-électrique et magnéto-électrique, cessent instantanément et naturellement (12, 28, 47), produisant en même temps une entière cessation des effets magnétiques sur l'aiguille du galvanomètre, il y a peu d'espoir que des substances (qui ne se trouvent pas dans le cas spécial du fer, du nickel et d'un ou deux autres corps) puissent montrer des attractions magnétiques. Il semble plus probable que les très-faibles effets observés sont dus à la présence du fer ou à quelque autre cause magnétique inconnue.

(65) Cette condition particulière n'exerce aucun pouvoir pour retarder ou accélérer les courans électriques qui passent à travers les métaux dont nous avons parlé (20, 33), et on ne découvre aucun effet de cette nature sur le courant *inducteur* ; car lorsque des masses de métal (fils, spirales, etc.) étaient disposées d'une manière quelconque, elles ne changeaient en aucune manière l'indication du courant mesuré par le galvanomètre. Le métal, dans cet état spécial supposé, conduit l'électricité dans toutes les directions avec son pouvoir ordinaire, ou, en d'autres termes, son pouvoir conducteur n'en est pas sensiblement altéré.

(66) Tous les métaux peuvent prendre cet état particulier ; cela est prouvé, par les expériences précédentes,

pour le cuivre et le fer (9); et pour l'or, l'argent, l'étain, le plomb, le zinc, l'antimoine, le bismuth, le mercure, etc., par des expériences qui seront décrites dans la quatrième partie (132) et qui sont d'une facile application. Par rapport au fer, l'expérience prouve la remarquable indépendance de ces phénomènes d'induction et des effets magnétiques ordinaires de ce métal.

(67) Cet état est l'effet de l'*induction* (influence) et cesse aussitôt que l'on a éloigné la force inductrice. Il est produit ou par le passage latéral d'un courant galvanique (26), ou par la formation d'un aimant (34, 36), ou par la seule approche d'un aimant (39, 50), et est une forte preuve à ajouter à celles de M. Ampère sur l'identité des agens dans ces opérations. Il se forme, probablement, momentanément dans le passage de l'étincelle électrique commune (24), et on pourra le trouver peut-être dans de mauvais conducteurs par de faibles courans électriques, ou par d'autres moyens (74, 76).

(68) L'état dont il est question semble se produire d'une manière instantanée (12), car cela se fait dans un espace de temps à peine sensible. La différence de temps entre l'induction *volta-électrique* et l'induction *magnéto-électrique*, rendue appréciable par le galvanomètre (59), peut être vraisemblablement expliquée de la sorte. Lorsqu'on fait passer un courant voltaïque à travers un seul de deux fils métalliques parallèles, comme ceux de la spirale creuse (34), il se produit dans l'autre fil un courant qui n'a pas plus de durée qu'on n'emploie de temps à une opération de pareille nature, et que l'on trouve par expérience inappréciablement faible. L'opération doit paraître encore plus instantanée parce que,

comme il y a une accumulation de puissance dans les pôles de la batterie avant le contact, le premier jet d'électricité dans le fil de communication est plus grand que celui qui se soutient après que le contact est complété ; le fil soumis à l'influence devient de suite *électro-tonique* à un degré équivalent, et le moment après, il descend à cet état où les courans continus peuvent se soutenir, si ce n'est qu'en descendant il produit un courant d'induction contraire à l'autre qui a été produit d'abord. La conséquence qui suit de là, c'est que le premier courant d'électricité par induction a plus de ressemblance que tout autre avec l'électricité qu'on obtient par la décharge d'une bouteille électrique.

(69) Mais lorsque le cylindre de fer est introduit dans la même spirale (34), préalablement attachée à la pile, le courant qui part de cette dernière peut être considéré comme doué de la propriété d'exciter dans le fer d'innombrables courans d'une nature homogène à la sienne, et de l'aimanter. C'est une chose connue par expérience, qu'un aimant formé de la sorte, même de fer doux, n'atteint pas sa plus grande intensité dans un instant, et la raison en est, peut-être, celle-ci, que la formation ou disposition des courans dans le fer se fait successivement. Mais comme l'aimant peut exercer un pouvoir d'induction aussi bien que le courant de la pile, l'action combinée de l'un et de l'autre continue à produire un flux d'électricité (*induced*) jusqu'à ce que leur effet combiné soit à son maximum ; de cette manière l'existence de la force de déviation est assez prolongée pour vaincre l'inertie de l'aiguille du galvanomètre.

(70) Dans tous ces cas, où les spirales ou les fils mé-

talliques sont approchés ou éloignés de l'aimant (50, 55), le courant direct ou contraire de l'électricité induite continue pendant le temps qu'on emploie à l'approchement ou à l'éloignement ; car dans cet intervalle l'état électro-tonique va en montant ou en descendant à son plus haut ou à son plus bas degré, et ces changemens sont accompagnés d'un développement analogue d'électricité ; mais il n'y a pas là d'objection à l'opinion que l'état *électro-tonique* se forme d'une manière instantanée.

(71) L'état dont il s'agit semble être un état de tension, et peut être considéré comme équivalent à un courant électrique, au moins égal au courant qui est produit lorsque l'induction a lieu ou lorsqu'ensuite elle est supprimée. Cependant le courant développé dans l'un ou dans l'autre de ces momens, ne peut pas être considéré comme une mesure du degré de tension que possède l'état *électro-tonique ;* car comme le métal conserve inaltérablement son pouvoir conducteur (65), et que l'électricité qui se développe ne dure qu'un moment (attendu que l'état particulier en question est formé et détruit d'une manière instantanée) (68) ; l'électricité, qui peut s'écouler au travers de longs fils conducteurs, présentant une accumulation dans leur substance, proportionnelle à leur petit diamètre et à leur grande longueur, ne peut être qu'une très-petite portion de celle qui est réellement développée dans la masse au moment où se forme la sorte d'état dont il s'agit. Des spirales isolées et des portions de métal furent instantanément soumises à l'état en question ; mais on ne put découvrir en elles aucune trace d'électricité, quoiqu'on opérât le contact avec l'électromètre immédiatement après qu'elles

avaient été soumises à l'induction, soit par le courant de la pile, soit par l'aimant. Une simple goutte d'eau ou un petit morceau de papier humecté (23, 56) étaient un obstacle suffisant pour arrêter le courant à travers les conducteurs : l'électricité qui avait été développée revenait à un état d'équilibre dans le métal même, ce qui se faisait par conséquent d'une manière inaperçue.

(72) La tension de l'état en question peut donc être comparativement fort grande; mais grande ou petite qu'elle soit, on a peine à concevoir comment elle existerait sans exercer une réaction sur le courant cause de l'induction (inducing) et sans faire équilibre à quelque chose. On pourrait dire d'avance qu'un tel équilibre doit produire un retard dans le courant originaire ; mais il m'a été impossible d'acquérir la certitude que la chose soit ainsi ; et de même, je n'ai pu d'acune manière démêler les effets qui doivent être attribués à une telle réaction.

(73) Tous les résultats obtenus viennent à l'appui du principe que l'état électro-tonique se rapporte aux molécules et non à la masse du fil ou de la substance assujettie à l'induction, étant à cet égard différent de l'influence développée par l'électricité de tension. Si cela est, on doit pouvoir produire un pareil état dans les liquides lorsqu'il n'y a pas de courant électrique sensible, et même dans les substances non-conductrices ; le courant n'étant ensuite, lorsqu'il se forme, qu'une contingence, pour ainsi dire, due à l'existence du pouvoir conducteur et à la force répulsive momentanément développée par les molécules pendant leur arrangement. Même lorsque les pouvoirs conducteurs sont égaux, les

courans d'électricité, qui sont encore les seuls indicateurs de l'état en question, peuvent être inégaux à cause des différences de nombre, de grandeur, de condition électrique, etc., etc., existantes dans les molécules. Ce n'est qu'après avoir reconnu les lois du nouvel état dont il s'agit, que nous serons dans le cas de prédire la véritable condition de chaque substance en particulier et les résultats électriques qu'on peut en obtenir.

(74) Ce courant d'électricité qui excite l'état électro-tonique dans un fil métallique voisin, excite probablement le même état dans son propre fil; car lorsque par un courant dans un fil on rend électro-tonique un fil collatéral, ce dernier état ne devient nullement incompatible ou répugnant avec un courant d'électricité qui traverse le fil (62). C'est pourquoi, si au lieu de faire passer le courant dans le premier fil on le faisait passer dans le second, il n'y a pas raison de croire que son action inductive sur ce second fil eût à diminuer : elle devrait au contraire être plus forte, parce que la distance entre l'agent et la matière qui le subit, serait très-considérablement diminuée. On mit en contact les extrémités d'une barre de cuivre avec un galvanomètre et les pôles d'une pile d'une centaine de couples avec la barre, de manière à la faire traverser par le courant; le circuit voltaïque fut soudainement rompu, et on observa le galvanomètre pour y chercher quelques indices d'un courant en retour à travers la barre de cuivre, dû à la décharge de son état électro-tonique supposé. On n'obtint aucun effet de cette nature, et réellement on ne devait pas en attendre pour deux raisons; car, premièrement, comme la cessation de la cause inductrice et celle de l'état

électro-tonique sont simultanées et non successives, le courant en retour ne pourrait être qu'équivalent à la neutralisation de la dernière portion du courant inductif, et ne pourrait conséquemment montrer aucune altération de direction ; ou bien, en supposant que cela pût arriver et que le dernier fût effectivement différent du premier, son caractère brusque d'instantanéité (12, 26) empêcherait qu'il ne fût constaté.

(75) Je crois qu'il ne s'élève aucune difficulté en considérant le fil métallique rendu ainsi électro-tonique par son propre courant plutôt que par un courant extérieur, surtout si on a égard à la non-répugnance apparente de cet état avec les courans (63, 71). La coexistence des états conductif et électro-tonique trouve une analogie dans la manière dont les courans électriques peuvent passer à travers des aimans ; on sait que dans ce cas les courans qui passent, ainsi que ceux des aimans, conservent également toutes leurs propriétés distinctes les unes des autres, et développent leurs actions mutuelles.

(76) La raison donnée pour les métaux est valable aussi pour les fluides et pour tout autre conducteur ; d'où il s'ensuit que lorsque les courans électriques passent à travers les corps, ceux-ci subissent l'état électro-tonique. Si l'on prouve qu'il en est ainsi, l'influence de cet état dans la décomposition voltaïque et le transport des élémens aux pôles peut être difficilement révoquée en doute. Il paraît que dans l'état électro-tonique les molécules homogènes de la matière prennent une disposition électrique régulière, mais forcée, dans la direction du courant ; disposition qui produit, lorsqu'elle cesse, un

courant en retour, si la matière est indécomposable; mais dans la matière décomposable, un pareil état forcé peut suffire à ce qu'une molécule élémentaire quitte sa compagne, avec laquelle elle se trouve dans un état de contrainte, pour se joindre à une molécule voisine analogue, par rapport à laquelle elle est dans une condition plus naturelle, la disposition électrique forcée se trouvant elle-même à l'instant détruite aussi efficacement que si le corps était soustrait à l'induction. Mais si le courant voltaïque originaire est continué, l'état électrotonique peut être renouvelé à chaque instant, obligeant ainsi la disposition forcée des molécules composées à se résoudre aussi à chaque instant en un transport des molécules élémentaires d'espèces contraires dans des directions opposées, mais parallèles au courant. Les différences entre l'électricité commune et l'électricité voltaïque, appliquées à produire des décompositions chimiques, signalées par M. le docteur Wollaston (1), paraissent aussi explicables par les circonstances qui se rattachent à l'induction de l'électricité provenant de ces deux sources (25). Mais comme je réserve cette branche de recherches, et pour continuer les investigations contenues dans cet écrit, je m'imposerai, quoique à regret, de ne pas présenter des spéculations ultérieures.

(77) M. Marianini a découvert et décrit une propriété particulière des surfaces des disques métalliques; mis en contact avec des conducteurs humides, lorsqu'on a fait passer au travers d'eux un courant d'électricité,

---

(1) *Annales de Chimie*, XXXVIII, 5.

ils ont la faculté de produire un courant électrique en sens contraire. M. Marianini a su appliquer ce résultat à l'explication des phénomènes des piles de Ritter (1). Une autre propriété particulière, dont sont susceptibles les conducteurs métalliques, a été décrite par M. A. de La Rive. Lorsque, plongés dans un liquide comme des pôles, ils ont complété, pour quelque temps, le circuit voltaïque et qu'ensuite ils sont séparés de la pile et plongés dans le même fluide, ils produisent eux-mêmes un courant voltaïque (2). M. A. Van Beek a détaillé des cas où la relation électrique d'un métal en contact avec un autre resta la même après la disjonction, et fut accompagnée par les mêmes effets chimiques (3). Il paraît que les états et les résultats dont nous venons de parler, diffèrent de l'état électro-tonique et de ses phénomènes ; mais on ne pourra décider du véritable rapport des premiers avec les seconds que lorsque nos connaissances sur tous ces phénomènes auront été augmentées.

(78) J'ai eu occasion, au commencement de cet écrit (2), de faire mention d'une expérience de M. Ampère comme de l'une de celles qui concernent l'induction électrique des courans, faites précédemment aux recherches présentes, et j'ai avancé des conclusions qui paraissent répandre des doutes sur l'exactitude de l'expérience (62, etc.) ; je suis donc en devoir envers M. Ampère de

---

(1) *Transactions philosophiques*, 1801, p. 247.

(2) *Annales de Chimie*, XXVIII, 190.

(3) *Ibid.*, XXXVIII, 49.

discuter la chose plus distinctement. M. Ampère dit que si on suspend à un fil de soie un disque de cuivre et qu'on l'entoure d'une spirale, en dirigeant à travers la spirale la décharge d'une puissante pile voltaïque, en même temps qu'on présente un aimant énergique au disque de cuivre, celui-ci tourne immédiatement pour prendre une position d'équilibre, exactement comme s'il avait été mis en mouvement par la spirale en rotation. Quant à moi, il m'a été impossible d'obtenir ces résultats, pas même un mouvement; mais la cause qui m'a fait échouer à ce dernier égard peut être attribuée à l'existence momentanée du courant qui ne donnait pas le temps nécessaire pour vaincre l'inertie du disque (11, 12). M. Ampère a pu probablement obtenir le mouvement à cause de la délicatesse supérieure et de la puissance de son appareil électro-magnétique, ou bien il n'a obtenu que le mouvement dû à une cessation d'action. Au fait, tous mes résultats tendent à intervertir le sens de la proposition arrêtée par M. Ampère, « qu'un « courant d'électricité est porté à mettre en mouvement « dans la même direction l'électricité des conducteurs « près lesquels il passe, » car ils indiquent une direction contraire au courant produit (26, 53); et ils font voir que l'effet est momentané, qu'il est produit par l'induction magnétique, et que de là s'ensuivent quelques autres effets extraordinaires.

(79) L'existence momentanée des phénomènes d'induction que nous venons de décrire suffit pour justifier l'incertitude ou le mauvais succès des expériences faites jusqu'à présent dans le but d'obtenir de l'électricité des

aimans, ou de produire par leur moyen la décomposition chimique (1).

(80) Ce même fait semble aussi pouvoir expliquer les actions remarquables observées par M. Arago entre les métaux et les aimans, lorsque les uns et les autres sont mis en mouvement (120), et semble pouvoir expliquer aussi la plus grande partie des résultats obtenus par sir John Herschel, MM. Babbage, Harris et autres, en répétant les expériences de M. Arago; expliquant parfaitement, en même temps, ce qui auparavant semblait inexplicable, particulièrement la non-action des mêmes métaux et aimans dans d'autres circonstances. Je vais

---

(1) *Le Lycée*, n° 36, du premier janvier, donne un article fort long et prématuré, où il s'efforce de faire voir que mes recherches ont été précédées par celles des savans de France. Mais il prend pour vrais les faux résultats de MM. Fresnel et Ampère, et il croit ainsi que les résultats exacts que j'ai obtenus ressemblent à ces résultats erronés. Je fais cette remarque pour citer ce qui honore M. Fresnel bien plus que ne l'aurait fait une faible antériorité dans les recherches dont il s'agit. Cet illustre savant fit, en même temps que moi et cinquante autres personnes, des expériences qui ne donnèrent aucun des résultats qu'on en attendait, comme cet écrit le prouve. Momentanément abusé, il publia ses succès imaginaires; mais en répétant mieux ses expériences, il ne put recueillir aucune preuve de leur exactitude; et guidé par le désir noble et pur de détruire l'erreur autant que de découvrir la vérité, il rétracta sa première proposition. L'exemple de Berzelius, par rapport à la *thorine*, est une autre preuve d'un si beau sentiment; et comme les occasions de les imiter ne sont pas rares; il serait convenable à la dignité de la science que de tels exemples se renouvelassent plus fréquemment. — Ce 10 février 1832.

décrire maintenant ces résultats qui donnent en même temps les moyens les plus prompts d'obtenir de l'électricité par le magnétisme.

§ IV. *Explication des phénomènes magnétiques de M. Arago.*

(81) Si on fait tourner un disque de cuivre près d'une aiguille magnétique ou d'un aimant, suspendus de manière à pouvoir librement tourner dans un plan parallèle à celui du disque, l'aimant tend à suivre le mouvement de ce disque; de même, si c'est l'aimant qu'on fait tourner, le disque tend à suivre le mouvement de l'aimant; et l'effet qui en résulte a une telle puissance, qu'on peut imprimer un mouvement de rotation à des aimans ou à des disques de plusieurs livres de poids. L'aimant et le disque en état de repos l'un relativement à l'autre, ne présentent entre eux aucun effet ni d'attraction ni de répulsion, ni d'autre espèce quelconque (62). Voilà les phénomènes découverts par M. Arago; il établit qu'ils ont lieu non seulement avec tous les métaux, mais avec les solides, les liquides, et même avec les gaz, c'est-à-dire avec toutes les substances (130).

(82) M. Babbage et sir John Herschel ont répété ensemble, en Angleterre (1), les expériences dont nous venons de parler, et ils n'en ont pu obtenir les effets désirés qu'avec les métaux et avec le charbon dans un état particulier (des cornues à gaz), c'est-à-dire avec d'excel-

---

(1) *Transactions philosophiques*, 1825, p. 467.

lens conducteurs d'électricité. Ils attribuent leur résultat au magnétisme excité dans le disque par l'aimant, à ce que le pôle de ce dernier produit un pôle opposé dans la partie du disque la plus voisine et une plus diffuse polarité de sa propre nature tout autour à quelque distance (120). La circonstance essentielle en produisant la rotation de l'aimant suspendu, est que la substance qui tourne au-dessous de lui, acquière son magnétisme et le perde dans un temps fini et non instantanément (124). Selon cette théorie, le résultat qu'on obtient serait dû à une force attractive, ce qui n'est point accordé ni par l'auteur de la découverte, M. Arago, ni par M. Ampère; ils allèguent contre une telle théorie l'absence de toute attraction lorsque l'aimant et le métal demeurent en repos (62, 126), quoique le magnétisme par influence dût subsister. D'après les expériences faites avec une longue aiguille d'inclinaison, ils pensent que l'action est toujours répulsive (125).

(83) Ayant obtenu de l'électricité des aimans par les moyens déjà décrits (36, 46), j'espérai trouver dans les expériences de M. Arago une source nouvelle d'électricité, et je ne crus pas impossible, par le moyen de l'induction terrestre magnéto-électrique, d'arriver à construire une nouvelle machine électrique. Animé par ces sentimens, je fis de nombreuses expériences avec l'aimant de la Société royale, dans la maison de M. Christie, qui m'a procuré l'avantage de son assistance. Mais comme plusieurs de ces expériences ont été suspendues pour chercher des dispositions plus parfaites, je pense qu'il m'est permis de les remettre dans l'ordre qui peut le plus promptement faire ressortir ce qui est, selon moi, une

manière exacte d'envisager les phénomènes en question.

(84) Nous avons déjà fait la description de l'aimant (44). Pour concentrer les pôles et les rapprocher davantage l'un de l'autre, on plaça transversalement, comme dans la fig. 7, deux barres de fer ou d'acier, de six à sept pouces en longueur chacune, d'un pouce en largeur, et d'un demi-pouce en épaisseur; et pour qu'elles pussent rester près ou loin l'une de l'autre, selon le besoin, on les attacha avec du fil pour les empêcher de glisser. Quelquefois on fit usage de deux barres de fer doux, tellement disposées que, lorsqu'on les eut appliquées à chaque pôle, les deux pôles plus petits qui en résultaient se trouvaient l'un au-dessus de l'autre verticalement, quel que fût le plus élevé des deux.

(85) Un disque de cuivre, de douze pouces en diamètre, et d'un cinquième de pouce en épaisseur, fut fixé sur un axe d'airain, et monté de manière à pouvoir tourner verticalement ou horizontalement, et qu'en même temps on pût introduire plus ou moins son bord entre les pôles magnétiques (fig. 7). On prit soin de couvrir d'amalgame le bord du disque, à l'effet d'obtenir un bon contact, mais mobile; la partie du disque autour de l'axe fut préparée de la même manière.

(86) On apprêta des conducteurs ou collecteurs de cuivre ou de plomb, pour les mettre en contact avec le bord du disque de cuivre (85), ou avec des disques d'autres formes dont nous parlerons bientôt (101). Ces conducteurs étaient longs de quatre pouces environ, larges d'un tiers de pouce, et épais d'un cinquième de pouce; chacun d'eux fut légèrement évidé à l'une des extrémités, pour que le bord des disques, tant soit peu con-

vexe, pût s'y ajuster avec plus d'exactitude; et ces extrémités, ainsi évidées, furent en même temps munies d'amalgame. Des fils de cuivre, d'un septième de pouce en épaisseur, attachés, de la manière ordinaire, par des circonvolutions, aux autres extrémités des conducteurs, allaient de ce point au galvanomètre.

(87) Le galvanomètre était grossièrement fait, mais assez délicat dans ses indications. Le fil était de cuivre enveloppé de soie, et comptait seize ou dix-huit circonvolutions. On aimanta deux aiguilles à coudre, et on les passa à travers une tige d'herbe séchée, l'une parallèlement à l'autre, mais dans des directions opposées, et à un demi-pouce de distance; ce système fut suspendu au moyen d'un fil de soie non tordue, de sorte que l'aiguille inférieure se trouvât entre les circonvolutions du multiplicateur, et la supérieure au-dessus d'elles. Cette dernière était de beaucoup le plus fortement magnétique, et donnait à tout l'ensemble la direction terrestre; la huitième figure représente la direction du fil et des aiguilles, lorsque l'instrument était placé dans le méridien magnétique; les bouts des fils sont marqués A et B. Par les lettres S et N, on a désigné les extrémités sud et nord de l'aiguille uniquement influencée par le magnétisme terrestre; ainsi l'extrémité N était le pôle marqué (44). L'ensemble de l'instrument était protégé par une bouteille de verre, et pour ce qui est position et distance à l'égard du grand aimant, elle se trouvait dans les mêmes circonstances qu'auparavant (45).

(88) Après tous ces préparatifs, on adapta le disque de cuivre comme dans la fig. 7, les petits pôles magnétiques étant à la distance d'un demi-pouce environ l'un de

l'autre, et le bord du disque ayant été introduit entre eux jusqu'à la moitié de leur largeur environ. L'un des fils du galvanomètre fut passé deux ou trois fois d'une manière lâche autour de l'axe métallique du disque, et l'autre fut attaché au conducteur (86), qui était lui-même retenu à la main en contact avec le bord amalgamé du disque, dans la partie qui se trouvait immédiatement entre les pôles magnétiques. Dans cet état de choses tout était en repos, et le galvanomètre ne signalait aucun effet ; mais aussitôt que le disque entra en mouvement, le galvanomètre en fut influencé, et dans la rotation du disque, l'aiguille poussa promptement sa déviation jusqu'à 90° et plus.

(89) Jusqu'ici il était difficile d'opérer un contact qui fût uniformément parfait, entre le conducteur et le bord du disque rotateur ; il était également difficile dans les premières expériences d'obtenir une vitesse régulière de rotation : l'une et l'autre de ces circonstances tendaient à retenir l'aiguille dans un état continuel d'oscillation ; on reconnaissait cependant sans aucune peine de quel côté déviait l'aiguille, ou en général dans quel sens elle oscillait. Ensuite, lorsque les expériences furent faites plus soigneusement, on obtint une déviation permanente de l'aiguille de près de 45°.

(90) On avait donc par là démontré la production d'un courant permanent d'électricité par le moyen des aimans ordinaires (57).

(91) En donnant au disque un mouvement en sens contraire, sans rien changer dans le reste, l'aiguille du galvanomètre présentait une déviation également forte qu'auparavant, mais en sens contraire ; ainsi donc alors

le courant d'électricité développée marchait à l'opposite du premier.

(92) Lorsque le conducteur était placé au bord du disque, un peu à droite ou à gauche, tel qu'on le voit dans les positions ponctuées de la figure 9, le courant d'électricité se développait toujours et dans la même direction qu'auparavant (88, 91). Cela avait lieu même à une considérable distance, c'est-à-dire à 50° ou 60° de chaque côté de la place des pôles magnétiques. Le courant ramassé par le conducteur et transporté au galvanomètre était de la même espèce des deux côtés du point de plus grande intensité, mais à partir de cette place il allait successivement en décroissant de force. A une égale distance de la place des pôles magnétiques, le courant manifestait une égale puissance, n'étant à cet égard nullement affecté par la direction de la rotation; si ce n'est que quand la rotation du disque était faite en sens contraire, il y avait aussi renversement de direction dans le courant d'électricité : toutes les autres circonstances demeuraient inaltérables.

(93) En élevant le disque de manière que les pôles magnétiques fussent complètement cachés l'un à l'autre par son interposition (*a*, fig. 10), on obtenait les mêmes résultats, dans le même ordre et de la même intensité qu'auparavant. En l'élevant encore plus haut, de manière que *c* fût la place des pôles, les résultats étaient toujours les mêmes et en apparence de la même forme qu'auparavant.

(94) Lorsque le conducteur était appuyé contre le bord du disque comme s'il y avait été attaché, et qu'il en suivait le mouvement entre les pôles, l'aiguille du

galvanomètre se mouvait, mais de peu de degrés, et indiquait un courant d'électricité tel qu'on l'aurait obtenu en faisant tourner la roue dans la même direction, et en retenant le conducteur stationnaire.

(95) Lorsque la jonction du galvanomètre avec l'axe fut interrompue, et qu'on attacha ses fils à deux conducteurs, mis en contact l'un et l'autre avec les bords du disque de cuivre, on obtint des courans d'électricité qui présentaient des apparences plus compliquées, mais en parfaite harmonie avec les résultats précédens. Ainsi en appliquant les fils dont il s'agit, comme dans la figure 11, on obtenait un courant d'électricité à travers le galvanomètre; mais si leur place était tant soit peu changée, comme dans la 12e figure, il en résultait un courant en direction contraire. En résumé, dans le premier cas, le galvanomètre indiquait la différence entre un courant énergique à travers A; et un faible courant à travers B; dans le second cas, il indiquait celle d'un faible courant à travers A, et d'un courant énergique à travers B (92), ce qui produisait par conséquent des déviations contraires dans l'aiguille.

(96) De même lorsque les deux conducteurs étaient équidistans des pôles magnétiques, comme dans la 13e figure, le galvanomètre n'indiquait aucun courant de quelque manière que la rotation du disque fût faite, hors cet effet qui résultait momentanément de l'irrégularité du contact; et la raison en est que des courans égaux, ayant une même direction, tendaient à passer dans tous les deux. Mais lorsque les deux conducteurs étaient attachés à l'un des fils, et que l'axe l'était avec l'autre fil (fig. 14), le galvanomètre indiquait un courant déterminé

par la direction de la rotation (91), et les deux conducteurs agissaient d'accord comme le faisait auparavant un simple conducteur (88).

(97) En n'approchant du disque que l'un des pôles seulement, on obtenait encore tous les résultats que nous venons de décrire; ils étaient de la même nature pour ce qui est direction, mais moindres quant à la grandeur des effets.

(98) On prit tous les soins pour rendre ces résultats indépendans du magnétisme terrestre ou de l'influence mutuelle de l'aimant et des aiguilles du galvanomètre. On opéra les contacts à l'équateur magnétique du disque et en d'autres endroits; le disque fut placé horizontalement, les pôles verticalement, sans compter d'autres précautions convenables. Mais l'absence de toute action autre que l'action principale se faisait promptement reconnaître par le défaut absolu de résultat, lorsque le disque était éloigné des pôles, ou les pôles du disque; il n'y avait aucune variation dans les autres circonstances.

(99) On peut exprimer la relation du courant d'électricité qui était produit, avec le pôle magnétique, avec la direction de rotation du disque, etc., etc., en disant que lorsque le pôle *non marqué* (44, 84) est au-dessous du bord du disque, et que ce dernier tourne horizontalement à la manière d'une vis, l'électricité qui peut être recueillie au bord du disque le plus près du pôle est positive. Si l'on considère mentalement le pôle de la terre comme le pôle *non marqué*, il ne sera pas difficile de se rappeler le rapport dont nous venons de parler entre la rotation, le pôle et l'électricité développée. Ou bien si, dans la 15e fig., on représente par le cercle le disque de

cuivre dont la rotation est dans la direction des flèches, et par *a* la projection du pôle *non marqué* placé au-dessous du disque, on recueillera en *b* et dans les parties environnantes une électricité positive, tandis que l'électricité qu'on recueillera au centre *c* et dans son voisinage sera négative (88). Les courans dans le disque marchent donc du centre vers les pôles magnétiques et la circonférence.

(100) Si le pôle *marqué* est placé au-dessus, rien n'étant changé du reste, l'électricité en *b*, 15e fig., est encore positive; s'il est placé au-dessous, ou bien si on place le pôle non-marqué au-dessus, il y a renversement dans l'électricité. Si la direction de la rotation, dans un cas quelconque, est renversée, l'électricité est renversée aussi.

(101) Il est maintenant évident que le disque en rotation n'est qu'une autre forme de l'expérience plus simple, par laquelle on fait passer un morceau de métal entre les pôles magnétiques dans une direction rectiligne, et qu'en pareil cas il y a des courans d'électricité produits à angles droits à la direction du mouvement, et qui traversent cette direction à l'endroit des pôles ou du pôle magnétique. On a pu s'en convaincre par la simple expérience suivante : on plaça entre les pôles magnétiques un morceau de plaque de cuivre, d'un cinquième de pouce en épaisseur, d'un pouce et demi en largeur, et de douze pouces en longueur, amalgamé aux bords, en mettant en même temps en contact avec ces derniers les deux conducteurs du galvanomètre ; la plaque fut alors tirée, glissant entre des conducteurs dans la direction de la flèche, 16e fig.; l'aiguille du galvanomètre subit immé-

diatement une déviation ; sa pointe nord, ou *marquée*, marcha vers l'est et indiqua que le fil A recevait une électricité négative, et que le fil B la recevait positive ; et comme le pôle *marqué* se trouvait au-dessus, on voit qu'un tel résultat tombe pleinement d'accord avec l'effet obtenu par le disque tournant (99).

(102) Quand on renversait le mouvement de la plaque, l'aiguille du galvanomètre présentait une déviation en direction opposée à celle d'auparavant, ce qui signalait un courant contraire.

(103) Pour mettre en évidence le caractère des courans électriques existant en plusieurs points de la plaque de cuivre en mouvement, et leurs différens rapports avec les pôles excitateurs, on n'appliqua à la partie qu'on se proposait d'examiner près du pôle, qu'un seul collecteur (86), en attachant l'autre au bout de la plaque, comme à l'endroit le plus neutre : on peut voir les résultats de cette expérience aux fig. 17-20, le pôle marqué étant au-dessus de la plaque. Dans la 17e fig., B recevait une électricité positive ; mais la plaque se mouvant dans la même direction, il recevait du côté opposé (18e fig.) une électricité négative ; en renversant le mouvement de la plaque, comme dans la 20e fig., B recevait une électricité positive ; ou bien en renversant le mouvement du premier arrangement de manière à changer celui de la 17e fig. en celui de la 19e, B recevait une électricité négative.

(104) Si on plaçait préalablement de côté la plaque par rapport aux aimans, comme dans la 21e fig., de manière à la mettre hors de l'axe polaire, on obtenait encore les mêmes effets, quoique moins puissans.

(105) Si les pôles magnétiques étant en contact, on

tirait la plaque de cuivre, entre les conducteurs, près de la jonction des aimans, on n'obtenait qu'un effet très-léger. Si on éloignait les pôles de la largeur d'une carte à jouer, l'effet en était tant soit peu augmenté, mais il était encore bien léger.

(106) On plaça un fil de cuivre amalgamé, d'un huitième de pouce en épaisseur, entre les conducteurs et les pôles (101), il produisit un effet très-considérable, quoique moins fort que celui des plaques.

(107) Si les conducteurs étaient maintenus constamment contre quelques points particuliers des plaques de cuivre, et étaient promenés avec ces dernières entre les pôles magnétiques, on obtenait les mêmes effets que ceux qu'on a déjà décrits, conformément aux résultats donnés par le disque rotateur (94).

(108) En tenant les conducteurs contre les extrémités des plaques, tandis qu'on passait celles-ci entre les pôles magnétiques, dans une direction transversale à leur longueur, on obtenait les mêmes effets (fig. 22). Les parties des plaques vers l'extrémité peuvent être regardées ou comme de simples conducteurs ou comme des parties de métal où le courant électrique est excité, selon leur distance et la force de l'aimant; mais les résultats étaient complètement analogues aux autres obtenus auparavant. L'effet fut aussi fort que lorsque les conducteurs étaient tenus contre les bords latéraux de la plaque (101).

(109) On fit passer entre les pôles un seul fil du galvanomètre, attaché de manière à former un circuit complet; le galvanomètre en fut affecté; on le fit aller de part et d'autre de manière que les impulsions alterna-

tives qu'il recevait fussent correspondantes aux oscillations de l'aiguille ; celles-ci furent augmentées jusqu'à 20° ou 30° de chaque côté du méridien magnétique.

(110) On joignit les extrémités de la plaque de métal avec les fils du galvanomètre, et on les passa entre les pôles magnétiques d'un bout à l'autre (comme dans la fig. 23) dans l'une et dans l'autre direction : il n'en résulta par le moindre effet sur le galvanomètre. Mais au moment où le mouvement devint transversal, l'aiguille subit une déviation.

(111) Ces effets furent aussi obtenus par les pôles électro-magnétiques, moyennant des hélices ou spirales de cuivre, vides ou intérieurement armées de fer (34, 54). Les directions des mouvemens étaient précisément les mêmes; mais l'action était beaucoup plus forte par l'usage des hélices armées de fer que des hélices vides.

(112) Lorsqu'on fit mouvoir une spirale plane entre les pôles, il en résulta un effet curieux sur le galvanomètre : d'abord l'aiguille marcha fortement d'un côté, puis elle s'arrêta tout-à-coup, comme si elle eût frappé contre quelque obstacle solide, ensuite elle recula. Soit qu'on introduisît la spirale de haut en bas ou de bas en haut, le mouvement de l'aiguille suivait toujours la même direction ; il s'arrêtait soudainement, et après il rétrogradait. Mais en faisant faire un demi-tour à la spirale, les mouvemens eurent lieu dans un sens contraire : il y eut encore interruption soudaine, et ensuite rétrogradation comme auparavant. Cette double action dérive de ce que les deux moitiés de la spirale (partagée par une ligne traversant son centre, perpendiculairement à la direction de son mouvement) exercent leur action dans des di-

rections opposées ; et la raison pour laquelle l'aiguille marchait du même côté, soit qu'on approchât la spirale des pôles dans une direction ou dans l'autre, est que lorsqu'on changeait le mouvement, la direction des fils dans la moitié de la spirale qui approchait du pôle changeait aussi. Ces curieux effets se rapportent immédiatement à l'action des simples fils (40, 109).

(113) Quoique les expériences sur le disque rotateur, les fils et les plaques de métal eussent d'abord été faites avec succès au moyen du grand aimant appartenant à la Société royale, elles furent toutes répétées avec un couple de barres aimantées de deux pieds de longueur, d'un pouce et demi de largeur, et d'un demi-pouce d'épaisseur ; et en rendant le galvanomètre (87) un peu plus délicat, on obtint les résultats les plus frappans. Les *ferro-électro-aimans*, tels que ceux de MM. Moll, Henry, etc. (57), sont très-puissans. Il est essentiel, en faisant des expériences sur différentes substances, que les effets thermo-électriques (produits par le contact des doigts, etc.) soient évités ou appréciés et démêlés à la fin : on les distingue facilement à leur permanence et à leur indépendance des aimans.

(114) La relation qui existe entre le pôle magnétique, le fil ou métal mobile, et la direction du courant développé, c'est-à-dire la loi qui gouverne le développement de l'électricité par l'induction magnéto-électrique, est très simple, quoique assez difficile à exprimer. Si, dans la 24e fig., PN représente un fil horizontal qui passe par un pôle magnétique *marqué*, de sorte que la direction de son mouvement coïncide avec la ligne courbe allant de bas en haut ; ou si son mouvement parallèle à lui-

même a lieu suivant une ligne tangentielle à la ligne courbe, mais dans la direction générale des flèches ; ou si un tel fil passe par le pôle en d'autres directions, mais de manière à couper les courbes magnétiques (1) dans la même direction générale, ou du même côté où elles seraient coupées par le fil s'il se mouvait le long de la ligne courbe ponctuée : dans tous ces cas le courant de l'électricité dans le fil marche de N à P. Si le fil se trouve dans la position verticale figurée par P′ N′, et qu'il soit conduit en pareilles directions, coïncidant avec la ligne courbe horizontale ponctuée, de manière à couper les courbes magnétiques qui sont du même côté, le courant marchera de P′ à N′. Si on considère le fil comme une tangente à la surface courbe de l'aimant cylindrique, et qu'il soit roulé autour d'une telle surface en quelqu'autre position, ou si l'on tourne l'aimant même sur son axe de manière à le réduire à une position opposée au fil tangent en mouvant ensuite le fil dans des directions indiquées, le courant marchera encore de P à N ; ou de N à P si le fil est mu dans une direction opposée ; tellement que, pour ce qui regarde les mouvemens du fil au-delà du pôle, on peut les réduire à deux, l'un directement opposé à l'autre, dont l'un produit un courant de P à N, et l'autre un courant de N à P.

---

(1) J'appelle courbes magnétiques les lignes des forces magnétiques (de quelque manière qu'elles soient modifiées par la juxtaposition des pôles) qui seraient tracées par la limaille de fer, ou les lignes auxquelles une aiguille magnétique très-mince se dirigerait tangentiellement.

(115) Il en arrive de même du pôle *non marqué* de l'aimant, excepté que s'il est substitué à l'autre qui se trouve dans la figure, alors, si les fils sont mus dans la direction des flèches, le courant électrique marchera de N à P, et s'ils le sont dans une direction contraire, le courant marchera de P à N.

(116) Il résulte de là que le courant électrique qui est excité dans un métal mis en mouvement auprès d'un aimant, dépend entièrement, quant à sa direction, des rapports de position du métal avec la résultante de l'action magnétique, ou avec les courbes magnétiques; ce qu'on peut exprimer ainsi d'une manière très-simple : soit AB (fig. 25) un cylindre magnétique ayant le pôle *marqué* en A, le pôle *non marqué* en B; et soit PN une lame de couteau d'argent placée en travers de l'aimant, le tranchant en haut, et le bord marqué ou entaillé tourné vers le pôle A; en quelque direction ou position que le couteau soit mu, le tranchant en avant, tant vers le pôle *marqué* que vers le pôle *non marqué*, le courant électrique qui en résultera marchera de P à N, pourvu que les courbes qui procèdent de A rencontrent la surface entaillée du couteau, et que celles qui partent de B, rencontrent le côté non entaillé. Ou si le couteau est mu avec le dos en avant, le courant marchera de N à P dans toutes les positions et directions possibles, pourvu que les courbes rencontrées le soient par les mêmes surfaces qu'auparavant. Il est aisé de construire un petit modèle en se servant d'un cylindre de bois pour aimant, d'une pièce plate au lieu de la lame, et d'un morceau de fil joignant les deux bouts du cylindre et passant par un trou dans la lame, au lieu des courbes magnétiques. De

cette manière on a sous les yeux le résultat de toutes les directions de mouvement possibles.

(117) Lorsque le fil soumis à l'induction passe par un pôle électro-magnétique, comme, par exemple, le bout d'une hélice de cuivre traversée par un courant électrique (34), la direction du courant dans le fil approchant est la même que celle du courant dans les parties ou côtés des spires qui l'approchent le plus, et en éloignant le fil, elle est opposée à celle des parties le plus près de lui.

(118) Tous ces résultats font voir que l'induction des courans électriques est excitée circulairement par une résultante magnétique ou *axe de puissance*, tout de même que le magnétisme circulaire dépend d'un courant électrique et est représenté par lui.

(119) Les expériences dont nous venons de faire la description concourent à prouver que quand on fait passer une pièce de métal (et il peut en être de même de toute matière conductrice) soit devant un simple pôle, soit entre les pôles opposés d'un aimant, ou près des pôles électro-magnétiques, ferrugineux ou non, il en résulte des courans électriques à travers le métal, transversalement à la direction du mouvement, et qui par conséquent, dans les expériences de M. Arago, approchent de la direction des rayons. Si on fait mouvoir un simple fil, comme le rayon d'une roue, près d'un pôle magnétique, il en résulte dans le fil un courant électrique allant d'un bout à l'autre. Si l'on se figure une roue formée d'une quantité de ces mêmes rayons, et tournant près du pôle, de la même manière que le disque de cuivre (85), il y aura un courant développé dans chaque

rayon au moment qu'il passe par le pôle. Si l'on suppose que les rayons soient latéralement en contact, il en résultera un disque métallique dans lequel les directions des courans seront généralement les mêmes, n'étant modifiées que par la réaction qui peut exister entre les molécules, dès qu'elles se trouvent en contact métallique.

(120) Maintenant que l'on connaît l'existence de pareils courans, on peut expliquer les phénomènes de M. Arago, sans les considérer comme dus à la formation, dans le cuivre, d'un pôle de nature opposée au pôle *approché*, et environné par une polarité de même nature (82); également il n'est pas essentiel que le plateau acquière ou perde la qualité dont il s'agit dans un temps fini; et d'un autre côté, il ne paraît pas nécessaire non plus d'admettre une force répulsive comme cause de la rotation (82).

(121) L'effet en question est précisément de même nature que les rotations électro-magnétiques que j'ai eu le bonheur de découvrir il y a quelques années (1). Conformément aux expériences faites dans ce temps-là, et largement confirmées ensuite, si on attache un fil métallique (PN, fig. 26) aux extrémités (positive et négative) d'une pile voltaïque, tellement que l'électricité positive marche de P à N, et si on place un pôle *marqué* magnétique N près du fil, entre le fil et le spectateur, le pôle se mouvra dans une direction circulaire autour du fil, c'est-à-dire vers la droite, et le fil se mouvra circulairement vers la gauche, conformément aux directions des flèches.

---

(1) *Quarterly journal of Science;* vol. XII, p. 74, 186, 416, 283.

C'est exactement ce qui arrive dans la rotation d'un plateau sous un pôle magnétique. Soit N (27e fig.) un pôle *marqué* au-dessus d'un plateau circulaire; si on fait tourner ce dernier dans la direction de la flèche, il y aura immédiatement des courans d'électricité positive, allant des parties centrales dans la direction générale des rayons, par le pôle, aux points de la circonférence *a* de l'autre côté du même pôle (99, 119); ces courans se trouveront donc avec ce dernier dans le même rapport exactement que le courant dans le fil (PN, 26e fig.), et le pôle se mouvra pareillement vers la droite.

(122) Si la rotation du disque est faite dans un sens contraire, il y a aussi renversement de direction dans la marche des courans électriques (91), et conséquemment le pôle se meut vers la gauche. Si on emploie le pôle *non marqué*, les effets sont les mêmes, c'est-à-dire dans la même direction, parce qu'il se produit des courans électriques contraires à ceux dont nous avons parlé, et en renversant les pôles et les courans, il n'y a aucune variation dans les effets visibles. En quelque position que l'on place l'axe magnétique, pourvu qu'on applique le même pôle au même côté du plateau, le courant électrique qui se développe suit la même direction, conformément à la loi déjà établie (114, etc.); ainsi on peut expliquer chaque circonstance qui concerne la direction du mouvement.

(123) Ces courans sont *déchargés* ou reviennent de chaque côté dans les parties du plateau les plus éloignées de la place du pôle et où l'induction magnétique est naturellement le plus faible. Et lorsqu'on applique les collecteurs et qu'on dirige ainsi sur le galvanomètre un

courant électrique, la déviation qu'on y remarque n'est qu'une répétition (produite par le courant même ou par une portion de ce courant) de l'effet immédiat de la rotation de l'aimant sur le plateau.

(124) C'est précisément sous ce point de vue que j'ai hasardé de dire qu'il n'est pas nécessaire que le plateau acquière ou perde son état dans un temps fini (120); car s'il était possible que le courant se trouvât dans son entier développement un moment *avant* qu'il ne soit arrivé à l'état de sa plus grande proximité du pôle vertical de l'aimant, le mouvement relatif du pôle et du plateau serait encore le même au lieu d'être entièrement opposé, puisque la force qui en résulterait serait tangentielle et non directe.

(125) Mais il est possible (quoique cela ne soit pas nécessaire pour la rotation) que le développement du courant à son maximum dans le plateau exige quelque temps; et dans ce cas le résultat de toutes les forces serait en avant de l'aimant (si c'est le plateau qu'on met en rotation), ou en arrière de l'aimant (si c'est ce dernier qu'on fait tourner), et plusieurs des effets des pôles électro-magnétiques tendent à prouver que la chose est ainsi. La force tangentielle peut donc être résolue en deux forces, l'une parallèle au plan de rotation, l'autre perpendiculaire au même plan. La première serait la force excitée en faisant tourner le plateau avec l'aimant, ou l'aimant avec le plateau; la seconde serait une force répulsive, et c'est probablement la force dont M. Arago a découvert les effets (82).

(126) La circonstance extraordinaire qui accompagne l'action en question et qui a semblé si inexplicable,

savoir, la cessation de tous les phénomènes lorsque l'aimant et le métal cessent de se mouvoir, reçoit maintenant une pleine explication (82), car les courans électriques qui causent le mouvement cessent alors tout-à-fait.

(127) Tous les effets de solution de continuité métallique, et la diminution de puissance qui en résulte, décrite par MM. Babbage et Herschel (1), reçoivent maintenant leur explication naturelle, aussi bien que le rétablissement de l'action primitive lorsque les entailles sont remplies de substances métalliques qui, quoique conductrices d'électricité, le sont elles-mêmes trop peu pour influencer les aimans. On peut même inventer de nouvelles manières d'entailler le plateau capables de détruire presque entièrement sa puissance. Ainsi, si on fend un plateau de cuivre (81) à une distance du bord égale à un cinquième ou un sixième environ de son diamètre, de manière à en isoler un anneau, et qu'on encastre ensuite cet anneau dans son entaille, n'y interposant qu'une épaisseur de papier (fig. 29); si on répète les expériences de M. Arago avec ce plateau composé, tellement arrangé que la section passe toujours vis-à-vis du pôle, il est évident que les courans magnétiques en seront considérablement interceptés, et le plateau perdra probablement beaucoup de son effet (2).

Un résultat simple de cette nature fut obtenu avec

---

(1) *Transactions philosophiques*, 1825, p. 481.

(2) Cette expérience a été faite récemment par M. Christie avec les résultats ici énoncés, et il en est fait mention dans les *Transactions philosophiques* de 1827, p. 82.

deux morceaux de cuivre épais, coupés comme dans la 28e fig. On amalgama et on réunit les deux bords voisins, et on passa l'ensemble ainsi arrangé entre les pôles de l'aimant, dans une direction parallèle aux bords que nous venons de nommer; un courant fut aussitôt excité dans les fils attachés aux angles extérieurs, et le galvanomètre se montra puissamment affecté; mais on ne put apercevoir aucun effet lorsqu'on répéta l'expérience, après avoir opéré l'interposition d'une simple feuille de papier.

(128) Une telle section ne pourrait pas influer sur l'induction du magnétisme, si on le suppose de la nature de celui qui est ordinairement reçu par le fer.

(129) Les effets de rotation ou déviation de l'aiguille que M. Arago obtenait par le moyen des aimans ordinaires, M. Ampère réussit à les obtenir par les électro-aimans, ce qui s'accorde parfaitement avec les résultats relatifs à l'induction volta-électrique et magnéto-électrique dont on a parlé dans cet écrit. Et en faisant usage de spirales plates de fil de cuivre, au lieu de pôles magnétiques ordinaires (111), dans lesquelles on faisait passer des courans électriques, et en en appliquant tantôt une à un côté du plateau rotateur, et tantôt deux à des côtés opposés, j'obtins du plateau même des courans d'électricité par influence, et je pus les diriger au galvanomètre et m'assurer ici de leur existence.

(130) La cause qu'on vient d'assigner pour la rotation dans les expériences de M. Arago, savoir, la production de courans électriques, paraît être plus que suffisante dans tous les cas où des métaux, ou même peut-être d'autres conducteurs, sont employés; mais quant à des

corps tels que le verre, des résines et principalement des gaz, il semble qu'il ne puisse pas se produire en eux de courans capables de produire les effets dont il est question. Cependant M. Arago a trouvé que ces effets étaient produits par les corps que nous venons de nommer et par tous les corps observés (81); mais il est certain que MM. Babbage et Herschel ne les ont remarqués dans aucune substance non métallique, excepté dans le charbon, doué d'un fort pouvoir conductif (82). M. Harris s'est assuré de leur présence dans le bois, le marbre, la pierre de taille et le verre recouvert d'un vernis; mais il n'obtint aucun résultat ni avec l'acide sulfurique, ni avec la solution de sulfate de fer, quoique ces substances soient conductrices de l'électricité bien plus que les premières.

(131) Des recherches futures serviront sans doute à résoudre ces difficultés, et démontreront si la force retardatrice ou accélératrice, dont nous avons déjà parlé, est toujours accompagnée de courans électriques (1). L'existence de l'action dans les métaux, seulement lorsque les courans existent, c'est-à-dire pendant qu'il y a mouvement (82, 88), et l'explication de l'action répulsive observée par M. Arago (82, 125), sont

---

(1) Des expériences que j'ai faites depuis m'ont persuadé que cette action particulière est toujours due aux courans électriques qui se forment; il en résulte un caractère par lequel on peut distinguer cette action de l'action du magnétisme ordinaire ou de toute autre cause, en y comprenant les causes mécaniques ou irrégulières qui produisent de semblables effets.

de fortes raisons pour la rapporter à cette cause ; mais elle peut être combinée avec d'autres causes qui, dans quelques circonstances, agissent isolément.

(132) Le cuivre, le fer, l'étain, le zinc, le mercure et tous les métaux observés, produisent des courans électriques, lorsqu'ils passent entre les pôles magnétiques : le mercure fut mis dans un tube de verre pour faire l'expérience. Ce charbon dense qui se dépose dans la production du gaz, produit aussi le courant, mais le charbon de bois ordinaire ne le produit pas ; enfin je n'ai jamais pu obtenir aucun effet sensible avec l'eau salée, l'acide sulfurique, les solutions salines, etc., soit en les faisant tourner dans des bassins, soit en les mettant dans des tubes, et en les faisant passer entre les pôles.

(133) Je n'ai jamais pu produire aucune sensation sur la langue par les fils métalliques, mis en contact avec les conducteurs, appliqués aux bords du plateau tournant (88), ou à la plaque métallique (101), et je n'ai pas pu rougir un fil très-mince de platine, ni produire une étincelle, ni exciter des convulsions dans une grenouille : je n'ai pas réussi non plus à produire aucun effet chimique par l'électricité dégagée de cette manière (22, 56).

(134) Comme le courant électrique dans le plateau tournant de cuivre n'occupe qu'un petit espace, partant des points voisins des pôles, et se déchargeant à droite et à gauche, comparativement à une fort petite distance ; comme ce courant existe dans une assez grande masse d'un métal, qui possède presque le plus grand pouvoir conducteur de tous, et qui par conséquent offre une facilité extrême à sa formation et à sa cessation, et comme

d'ailleurs il se forme des courans considérables qui passent à travers des fils de métal très-minces qui ont quarante, cinquante, soixante et jusqu'à cent pieds de long, il est évident que le courant qui existe dans le plateau lui-même est très-fort lorsque la rotation est rapide, et l'aimant assez puissant. Cela est aussi prouvé par la facilité avec laquelle un aimant de dix à douze livres de poids suit la rotation du plateau, et fait éprouver une forte torsion à la corde par laquelle il est suspendu.

(135) On fit encore deux autres expériences grossières dans le but de construire des machines *magnéto-électriques ;* dans l'une un anneau large d'un pouce et demi, et ayant douze pouces de diamètre extérieur, taillé dans une lame de cuivre assez épaisse, fut disposé de manière à pouvoir tourner entre les pôles de l'aimant, et à pouvoir représenter un plateau semblable à ceux dont nous nous sommes déjà servis (101), mais de longueur indéfinie; les bords intérieurs et extérieurs furent amalgamés, et les conducteurs appliqués à chaque bord à la place des pôles magnétiques. Le courant d'électricité produite ne se montra pas au galvanomètre plus fort (si même il fut aussi fort) que celui produit par le plateau circulaire (88).

(136) Dans la seconde expérience on prit de petits disques de cuivre ou d'autre métal (assez épais) d'un demi-pouce de diamètre, et on les fit tourner rapidement près des pôles, mais autour d'un axe de rotation différent de l'axe polaire; l'électricité développée fut recueillie par les conducteurs appliqués comme auparavant aux bords (86). Il se forma des courans, mais d'une force bien moindre que ceux produits par le plateau circulaire.

(137) La dernière expérience est analogue à celle de

M. Barlow sur la rotation du fer soumis à l'influence de la terre (1). Les effets que ce physicien a obtenus ont été rapportés par MM. Babbage et Herschel à la même cause que celle qui est considérée comme la cause principale dans l'expérience de M. Arago (2) ; mais il serait intéressant de voir quelle partie de la déviation de l'aiguille est due à l'action du courant électrique développé pendant l'observation. Le seul mouvement alternatif d'un fil de cuivre, six ou sept fois près des pôles de l'aimant, en suivant les vibrations de l'aiguille du galvanomètre, est capable de faire osciller l'aiguille dans un arc de 60 à 70°. La rotation du fer pourrait peut-être décider la question, et servirait aussi à éclairer la théorie des effets analogues, quoique plus durables, obtenus par M. Christie.

(138) La remarque qui a été déjà faite relativement au fer (66), et à l'indépendance des phénomènes magnétiques ordinaires de cette substance, avec les phénomènes que nous venons de décrire de l'induction *magnéto-électrique* dans ce métal et dans d'autres, a été pleinement confirmée par un grand nombre de résultats de l'espèce de ceux qui viennent d'être détaillés dans cette section. Lorsqu'un plateau de fer, semblable à celui de cuivre décrit au commencement (101), passait entre les pôles magnétiques, il donnait un courant d'électricité semblable à celui qui est produit par le disque de cuivre, mais évidemment moins intense ; et dans les expériences sur l'induction des courans électri-

(1) *Transactions philosophiques*, 1825, p. 317.

(2) *Ibid.*, 1825, p. 485.

ques on (9) ne put reconnaître aucune différence dans le mode d'action entre le fer et les autres métaux. Cependant le pouvoir qu'a un plateau de fer d'entraîner un aimant avec soi, ou d'intercepter l'action magnétique, doit être soigneusement distingué du pouvoir semblable dont jouissent d'autres métaux, comme l'argent, le cuivre, etc., etc., d'autant plus que dans le fer la plus grande partie de l'effet est due à ce qu'on peut appeler l'action magnétique ordinaire. Il ne saurait y avoir de doute : l'explication donnée par MM. Babbage et Herschel des phénomènes de M. Arago est vraie lorsqu'il s'agit du fer.

(139) La faible action que ces physiciens ont reconnue dans le bismuth et l'antimoine en mouvement pour affecter l'aimant suspendu, et qui a été confirmée par M. Harris, ne semble pas d'abord proportionnée à leurs pouvoirs conductifs. Cette question doit être décidée par de nouvelles expériences (1). Ces métaux sont fortement cristallisés et probablement jouissent de différens pouvoirs conducteurs de l'électricité dans différentes directions. Il arrive un effet presque semblable (127) lorsqu'on forme une masse de cristaux hétérogènes, car les courans électriques peuvent prendre une brusque inflexion aux limites des cristaux, et s'anéantir ainsi complètement dans la masse.

Institution royale, novembre 1831.

---

(1) J'ai pu depuis expliquer ces différences et prouver, avec plusieurs métaux, que l'effet est proportionnel au pouvoir conductif; car j'ai pu obtenir, par l'induction magnéto-électrique, des courans d'électricité dont la force est proportionnelle au pouvoir conductif des corps observés (211).

Nota. Par suite du long espace de temps qui s'est écoulé entre la lecture et l'impression de ce Mémoire, le contenu en a été connu du public, et (par une de mes lettres à M. Hachette) on en a eu connaissance en France et en Italie. Cette lettre fut traduite et lue à l'Académie des sciences de Paris le 26 décembre 1831. Une copie de cette lettre fut imprimée dans le *Temps* du 28 décembre, et parvint rapidement à M. Nobili qui, avec M. Antinori, fit immédiatement des expériences sur ce sujet, et obtint plusieurs des résultats mentionnés dans ma lettre; quant aux autres, ces physiciens ne purent les obtenir, ou peut-être ils ne les comprirent pas, à cause de la brièveté de mon exposé. MM. Nobili et Antinori ont réuni leurs résultats dans un écrit daté du 31 janvier 1832, et publié dans un numéro de l'*Antologia* daté de novembre 1831 (au moins selon l'exemplaire de cet écrit que M. Nobili a eu l'obligeance de m'adresser). Il est évident que cet écrit n'a pas été imprimé en novembre; et quoique M. Nobili ait inséré ma lettre dans son mémoire, comme l'origine de ses expériences, cependant la circonstance de cette seconde date a porté des personnes qui ont entendu parler du Mémoire de M. Nobili, sans le voir, à imaginer que son travail avait précédé le mien, au lieu de lui être postérieur, comme il l'est par le fait.

Dans ces circonstances je me crois autorisé à observer que j'ai fait des expériences sur ce sujet depuis plusieurs années, et que j'en ai publié les résultats (voyez *Quarterly journal of Science*, juillet 1825, p. 338). Voici un extrait de mon *livre de notes*, daté du 28 novembre 1825 : « Expériences sur l'induction en joignant les fils d'une batterie galvanique ; — batterie de quatre auges,

de dix couples chacune, disposées à côté les unes des autres; — les pôles mis en communication par un fil métallique d'environ quatre pieds de long, avec un autre fil parallèle à celui-ci, et qui n'en est distant que de l'épaisseur de deux feuilles de papier. Les extrémités du dernier fil communiquent avec un galvanomètre; point d'action, etc., etc., etc. — On ne peut pas rendre sensible une influence dans le fil conjonctif. » — La cause de cela est maintenant évidente (79).

M. J. Avril 1832.

Sur *la Paraffine et l'Eupione*.

M. le docteur Reichenbach, de Blansko, dans la Moravie, a décrit, dans le Journal de Schweigger (vol. 59, p. 436; v. 61, p. 273, et v. 62, p. 129), deux produits qu'il a découverts par la distillation sèche des corps organiques et qui se distinguent par leurs propriétés de toutes les substances connues jusqu'ici.

La *paraffine*, corps de la série des stéaroptes, est, à une température ordinaire, dure, cristalline, d'un blanc pur, sans odeur et sans saveur, tendre, ayant à peu près le toucher de la cétine, ductile sans cependant se réunir facilement, recevant par sa râclure un éclat gras, ne conduisant pas l'électricité et ne présentant aucune diminution de poids sensible après avoir été exposée à l'air libre même pendant des mois; elle fond à 43° $\frac{3}{4}$ c. en un liquide incolore, transparent, oléagineux, entre en ébullition à une température plus élevée, et s'évapore ensuite sous la forme de vapeurs blanches,

ne s'altère pas par la distillation, ne laisse point de résidu, et prend seulement une couleur brune dans le cas où elle serait réunie à d'autres substances organiques. Exposée à la flamme d'une bougie, elle fond sans brûler; si on la chauffe dans une cuiller de platine jusqu'à commencement d'évaporation, elle s'enflamme à une chandelle et brûle avec une flamme blanche, pure, sans suie ni résidu. Une mèche qui en est imbibée brûle sans odeur comme une bougie; du papier non collé qu'on en frotte n'en reste pas imbibé; à une température ordinaire, elle ne fait pas tache comme la graisse; sa densité est 0,870.

Sous le rapport chimique, la paraffine se distingue par une indifférence remarquable; de là aussi son nom (de *parùm affinis*). Sont entièrement sans effet sur elle : le chlore dissous dans l'eau ou gazeux; les acides sulfurique, hydrochlorique, nitrique, acétique, oxalique et tartrique; une dissolution de potasse, d'ammoniaque, de chaux, de baryte, de strontiane; les carbonates alcalins, l'hydrate de chaux en poudre, le potassium même en fusion; l'oxide de plomb rouge et l'hyperoxide de manganèse. Le soufre, le phosphore et le sélénium ne se fondent pas ensemble avec la paraffine; mêlés avec elle après avoir été fondus, elle ne paraît en prendre qu'une petite quantité. Elle ne se combine pas par la fusion avec le camphre, la naphtaline, le benjoin, la poix noire compacte, mais bien avec la stéarine, la cétine, la cire d'abeilles et la colophane. La graisse de porc et le suif fondent avec elle, mais s'en séparent en se refroidissant. L'huile d'olives dissout mal à froid la paraffine, mais facilement à chaud; l'huile d'amandes

aussi, mais plus lentement. L'huile de térébenthine, l'huile de goudron, le naphte la dissolvent au contraire facilement à froid. 100 parties d'éther dissolvent 140 parties de paraffine à 25° c.; à une température un peu plus basse, la solution se fige en une masse blanche cristalline. L'alcool absolu en dissout peu à froid, et laisse même ce peu se précipiter si l'on ajoute de l'eau; tout bouillant, il n'en prend que 3,45 pour cent de son poids, et la solution se fige en se refroidissant. L'alcool de 80 pour cent n'en dissout à 20° c. que 0,33 (pour cent?). Les papiers végétaux colorés ne sont point altérés par la solution alcoolique.

L'*eupione* (de πιῶν ou πιὸν, gras, et l'adverbe ευ) est liquide même à —20° c., incolore, claire comme de l'eau, sans saveur ni odeur, inaltérable à l'air, pas conducteur de l'électricité, sans effet sur le papier de tournesol et de curcuma, liquide comme l'alcool absolu, forme des gouttes à 20° c. 0,296 aussi grosses que des gouttes d'eau, s'étend très-facilement sur le verre, mais ne s'élève dans un tube de verre qu'à 0,6207 aussi haut que l'eau, fait une tache sur le papier absorbant qui disparaît d'elle-même avec le temps et plus promptement avec le secours de la chaleur. Sa densité, à 22° c., est de 0,740; son volume augmente, depuis 19° c. jusqu'à 169° c., d'environ un cinquième; elle bout à 169° c. sous une pression atmosphérique de 27″ et se volatilise, si elle est tout-à-fait pure, sans résidu ni couleur. Elle ne s'enflamme pas dans une coupe par une allumette, mais bien lorsqu'on la chauffe dans une cuiller de platine; elle brûle facilement au moyen d'une mèche, avec une flamme vive, sans suie,

même lorsque la flamme est de la hauteur des mains.

L'eupione est entièrement insoluble dans l'eau froide ou chaude. 100 parties d'alcool absolu à 18° c. en dissolvent 33 parties; mais en se refroidissant l'eupione se dépose en très-grande partie. A chaud, ces deux liquides se mêlent en toutes proportions. De l'esprit de vin du commerce n'en dissout que 0,0125 proc. à 18° c. et 5 proc. à la chaleur de l'ébullition. L'éther mêlé à un dixième d'eupione forme un liquide clair, mais trouble, avec un poids quintuple; le dernier se clarifie après un repos pendant lequel de l'eau se sépare de l'éther. L'alcool pur se mêle à l'eupione en toutes proportions; en ajoutant de l'esprit de vin à 35° B., l'eupione se sépare de cette dissolution en gouttes onctueuses. L'éther acétique dissout environ un tiers de son poids d'eupione; le sulfure de carbone, l'essence de térébenthine, le naphte, l'huile d'amandes et d'olives se mêlent facilement avec ce liquide, même à froid. L'eupione dissout à froid le chlore et encore mieux le brôme; mais par la chaleur ces corps s'en séparent sans lui avoir fait éprouver d'altération. L'iode s'y dissout même à froid avec sa couleur violette, beaucoup plus à chaud, et se cristallise en partie par le refroidissement. Le phosphore, le sélénium et le soufre ne sont pas dissous à froid, mais bien à chaud; en se refroidissant, ils se précipitent de nouveau, le dernier en partie, et les deux premiers en totalité à ce qu'il paraît. La naphtaline, le camphre, la stéarine, la cétine, la cholestérine, la paraffine et le baume de copahu s'y dissolvent à froid et beaucoup plus à chaud. Le suif se dissout à 25° c., mais à 20° c. la dissolution devient grumeleuse, vraisemblablement

parce que la stéarine se sépare et que l'oléine reste en dissolution dans l'eupione. La cire d'abeilles est entièrement dissoute à chaud ; mais par le refroidissement elle se dépose en très-grande partie. La colophane ne se dissout qu'en partie à froid, mais entièrement à l'ébullition. Le benjoin, la gomme animée, la copale, la gomme laque ne se dissolvent qu'en partie, même par l'ébullition; et, par le refroidissement, ces diverses substances se précipitent de nouveau en totalité ou en partie. Le caoutchouc s'y gonfle d'une manière extraordinaire, et pourtant il ne s'y dissout pas à la chaleur d'un poêle, mais très-bien et complètement près de l'ébullition de l'eupione. La solution ne se dessèche pas à l'air, mais exposée sur un carreau de verre à la chaleur d'un poêle elle devient bientôt gluante, donne des fils et finit par sécher. Le caoutchouc reste pourtant comme un vernis cassant que l'on peut râcler en petites écailles comme de la gomme desséchée ou du vernis.

Sont sans effet sur l'eupione : l'acide nitrique concentré, l'acide sulfurique concentré, l'acide hydrochlorique, les acides acétique, oxalique, tartrique, succinique et citrique, le potassium, l'hydrate de potasse, l'hydrate de chaux, la dissolution de potasse, de chaux, de baryte et de strontiane; l'ammoniaque liquide, les alcalis carbonatés, l'oxide rouge de plomb, l'acide rouge de mercure, l'hyperoxide de manganèse, l'oxide de cuivre, le bichrômate de potasse.

Les deux matières que l'on vient de décrire paraissent être contenues dans le goudron des substances animales et végétales, comme aussi dans le goudron de charbon de terre. Cependant c'est du goudron végétal, surtout

de celui du hêtre, que l'on obtient le plus de paraffine et avec le plus de facilité, et c'est du goudron animal ou de l'huile de Dippel que l'on obtient le plus d'eupione.

Si l'on distille jusqu'à siccité le goudron provenant de la carbonisation du bois de hêtre, on obtient dans le récipient, pourvu qu'on ne l'ait pas changé, ni remué, trois liquides différens : au-dessus un liquide huileux (l'huile légère de goudron), au milieu un liquide aqueux acide, et au fond aussi un liquide onctueux (l'huile pesante de goudron). On soumet le dernier à une distillation réitérée, et lorsque le produit commence à devenir insensiblement plus épais et qu'il contient des paillettes, on change le récipient et l'on augmente la chaleur tant que le permet le vase de verre et jusqu'à ce que le résidu devienne noir et épais. Il se trouve alors dans le récipient rempli d'un nuage jaune et épais un liquide huileux dans lequel on remarque à contre-jour de nombreuses petites paillettes de paraffine. Si ce liquide n'a pas encore l'état convenable, on l'y amène par des distillations réitérées et on en sépare ensuite la paraffine de deux manières différentes.

La première consiste à mêler et agiter le liquide distillé avec six ou huit fois son poids d'esprit de vin à 36° B. Après un peu de repos, il se dépose du mélange trouble une masse d'une liquidité épaisse, qu'on lave itérativement avec de l'esprit de vin de la même force jusqu'à ce qu'elle se transforme en petites feuilles incolores. On dissout enfin ces dernières à chaud dans de l'alcool absolu, et on laisse refroidir la dissolution. La paraffine se sépare en aiguilles blanches, minces, et en petites feuilles, et pour les purifier entièrement, on peut les dissoudre

encore dans de l'alcool absolu chaud, et les séparer par le refroidissement. On agit de même avec la partie qui, par l'évaporation, s'est séparée de l'eau mère alcoolique. De cette manière on obtient la paraffine en un précipité peu consistant, d'un blanc de neige, non pas économiquement, puisqu'il faut employer beaucoup d'esprit de vin, et qu'une partie considérable de paraffine y reste en dissolution.

Le moyen suivant est plus convenable : on mêle et on agite l'huile de goudron pesante, qui a été distillée plusieurs fois, avec de l'acide sulfurique concentré ou de l'acide sulfurique fumant par petites portions ($\frac{1}{20}$ de son poids), jusqu'à ce que le mélange soit devenu entièrement noir et liquide, ce qui se fait avec chaleur et développement d'acide sulfureux, et exige en acide à peu près $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{2}$ du poids du liquide oléagineux. Si la chaleur ne s'élève pas par là jusqu'à 100° c., il faut l'y porter artificiellement. On abandonne alors le mélange au repos pendant douze heures ou plus dans un lieu dont la température ne soit pas moins de 50°, de sorte que la paraffine ne puisse se figer, et l'on trouve sur la surface un liquide entièrement incolore. On décante ce liquide qui est une combinaison de paraffine avec une huile particulière, ou bien, après le refroidissement du tout, on l'enlève comme un disque, on le brise, on le lave avec de l'eau et on l'exprime entre du papier absorbant; par ce moyen, l'huile est absorbée par le papier, et la paraffine reste en petites feuilles que l'on purifie de la manière déjà mentionnée, en les faisant dissoudre dans de l'alcool absolu chaud et que l'on peut fondre sous l'eau en une masse. Cette masse doit être incolore et transparente comme

du verre pur, sèche et peu flexible, et ne faire aucune tache de graisse sur du papier absorbant.

Si, comme cela arrive quelquefois, la combinaison de paraffine et d'huile ne se séparait pas convenablement du mélange sulfurique, alors on la soumettrait à la distillation : l'eau, l'acide sulfurique et une huile s'évaporent. Aussitôt que cette dernière s'épaissit (contient de la paraffine), on la recueille à part et on la traite comme ci-dessus avec l'acide sulfurique, l'alcool, etc. Si cette combinaison n'est pas entièrement incolore, on la laisse se figer, et on la traite avec de l'acide sulfurique concentré; puis, pour la clarifier, on l'abandonne à un long repos à une température chaude.

On obtient l'eupione au mieux en mettant dans une cornue de fer du goudron animal brut et frais provenant de chairs, d'os, de sabots ou de cornes, et de 8 litres on n'en retire que 5. Ce produit étant soumis à une nouvelle distillation, on n'en retire que 3 litres que l'on agite avec soin par portions avec un demi-kilogramme d'acide sulfurique. On obtient ainsi une dissolution rouge et un liquide subtil, transparent, d'un jaune clair, que l'on sépare; on le mêle dans une retorte avec un poids égal d'acide sulfurique, et on le distille aux $\frac{3}{4}$. Le produit incolore est lavé avec une lessive de potasse, et après quelque temps de digestion on sépare l'huile et on la mêle encore une fois avec la moitié de son poids d'acide sulfurique, on la distille de nouveau, on la lave avec une lessive chaude de potasse, on la décante, on la distille alors très-lentement avec de l'eau pure jusqu'à ce que les $\frac{3}{4}$ soient passés dans le récipient, et il reste de la paraffine encore mêlée avec de l'eupione. On place

l'eupione distillée à côté d'acide sulfurique concentré sous la pompe à air pendant 24 heures ; on la porte ensuite à l'ébullition avec quelques grains de potassium, ce qui fait se déposer des flocons d'un brun rouge qu'on sépare ; lorsque, après un traitement réitéré, elle ne se trouble plus, mais qu'elle laisse du potassium d'un blanc métallique, on la décante ; elle n'est bien pure que lorsqu'elle brûle sans suie et que sa densité n'excède pas 0,740. On sépare l'eupione de la paraffine, soit par la distillation avec une forte addition d'eau, parce qu'elle est un peu plus volatile que la paraffine, soit par l'esprit de vin dans lequel la paraffine est insoluble, ou par un grand froid qui la fait cristalliser. La distillation avec l'eau, lorsqu'on n'en recueille que les premières portions, la donne entièrement exempte de paraffine.

Avec le procédé qu'on vient de décrire, et en n'y apportant que de faibles modifications, on extrait l'eupione du goudron végétal et la paraffine du goudron animal.

Les deux matières sont susceptibles de diverses applications techniques. La paraffine l'emporte sur la cire et bonifie le blanc de baleine pour l'éclairage et peut rendre les meilleurs services pour boucher et mastiquer, parce qu'elle résiste parfaitement aux acides et aux alcalis ; elle peut aussi servir pour graisser les voitures, etc. L'eupione est un excellent moyen pour conserver le potassium, vraisemblablement aussi pour séparer la stéarine de l'oléine, et l'une des substances les plus remarquables pour l'éclairage et qui ne donnent pas de suie, même en combinaison avec la paraffine.

Analyse *de la Paraffine;*

Par Jules Gay-Lussac.

M. Le professeur Liebig a eu la complaisance de me confier l'analyse de la paraffine que M. le docteur Reichenbach lui avait donnée pour cet objet. L'analyse de ce corps si remarquable était d'un grand intérêt; mais je me suis d'autant plus appliqué à y mettre toute l'exactitude qu'elle méritait, qu'elle m'offrait l'heureuse occasion de pouvoir faire cette recherche dans le laboratoire de M. Liebig et avec son appareil.

D'après la constitution grasse de ce corps, il était impossible de le mêler avec de l'oxide de cuivre. On procéda donc comme l'avait fait d'abord Oppermann pour son analyse de la naphthaline, c'est-à-dire que l'on pesa un petit morceau de paraffine, et qu'on le porta sur-le-champ dans le tube à combustion, de façon qu'il se trouvât placé à peu près dans le milieu du tube. On chauffa alors sa partie inférieure jusqu'à fusion de la paraffine que l'on fit couler jusqu'au bout fermé. Après le refroidissement, le tube fut rempli d'oxide de cuivre récemment rougi et à peine refroidi.

La première analyse donna 84,25 de carbone et 15,00 d'hydrogène; mais comme dans le cours de l'opération on avait remarqué des traces de vapeurs blanches qui s'étaient condensées dans le tube au chlorure de calcium, cette analyse ne pouvait donner qu'une approximation.

Dans deux autres analyses, qui réussirent bien, on obtint les résultats suivans :

a) 0,81 gramm. de paraffine donnèrent :

Acide carbonique.	0,866 gramm.
Eau.....	0,379

Ce qui répond pour 100 parties de paraffine à :

Carbone.....	85,21
Hydrogène.....	14,98
	100,19

b) 0,266 gramm. de paraffine donnèrent :

Acide carbonique.	0,820
Eau.....	0,359

Correspondant pour 100 parties à :

Carbone.....	85,23
Hydrogène.....	14,99
	100,22

La moyenne des deux analyses donne pour la composition de la paraffine :

1 atome de carbone...	85,22	76,437
2 atomes d'hydrogène.	14,98	12,480
	100,20	88,917

Cette substance n'est donc composée que de carbone et d'hydrogène, et, *ce qui est très-remarquable, exactement dans le même rapport que dans le gaz oléfiant.* Ses autres propriétés chimiques s'accordent avec cette

composition, particulièrement son inaltérabilité par le potassium, sa résistance à l'action saponifiante des alcalis, et surtout son indifférence chimique qui lui a fait donner justement le nom de paraffine. J'ai pourtant trouvé que de l'acide sulfurique chaud concentré la décomposait lentement en noircissant et développant de l'acide sulfureux. Elle se comporte de même avec l'acide sulfurique anhydre; le mélange s'échauffe fortement. On ne trouve pas d'acide sulfovinique dans la dernière masse noire, comme on aurait peut-être pu s'y attendre d'après la composition de la paraffine.

Enfin cette composition rend très-vraisemblable que la substance cristalline, blanche, compacte, que Sérullas a obtenue en traitant par la potasse le sulfate neutre d'hydrogène bicarboné, et qui doit contenir les mêmes parties intégrantes dans les mêmes proportions, n'est autre chose que la paraffine.

(*Annalen der Physik*, *etc.* XXIV, 173 et 180.)

Mémoire *sur la Préparation du Bi-Oxide d'hydrogène;*

Par M. Thenard.

(Lu à l'Académie royale des Sciences le .... avril 1832.)

Les chimistes qui se sont occupés de la préparation du bi-oxide d'hydrogène ou de l'eau oxigénée, savent que le peroxide de barium dont on se sert contient toujours

de l'oxide de manganèse ; que cet oxide provient des cornues de porcelaine dans lesquelles on calcine le nitrate de barite, et qu'il occasionne la décomposition d'une assez grande quantité d'eau oxigénée au moment où l'on veut le précipiter de la dissolution. Cette décomposition augmente les difficultés de la préparation. C'est même la seule qui soit réelle.

J'ai essayé de neutraliser les effets de l'oxide de manganèse, et j'y suis parvenu par l'addition d'un peu d'acide phosphorique ; il se forme alors du phosphate de manganèse qui n'exerce aucune action décomposante sur l'eau oxigénée.

Ainsi donc, après avoir dissous le peroxide de barium dans l'acide hydrochlorique et s'être procuré une liqueur convenablement chargée d'oxigène, il faudra y ajouter pour 100 parties d'oxide 2 à 3 parties au plus d'acide phosphorique concentré, la sursaturer par le peroxide hydraté et divisé, qui précipitera la silice et l'alumine en nature, et l'oxide de fer et l'oxide de manganèse à l'état de phosphate. Ces quatre substances se déposant tout-à-coup sous forme de flocons, devront être recueillies sur un linge ; la liqueur passera facilement à travers : on la filtrera au besoin.

Mais pour que l'opération s'exécute bien, il est nécessaire de ne faire la saturation par l'oxide de barium que sur une liqueur sensiblement limpide. La présence de beaucoup de sulfate de barite serait un obstacle à la réunion des flocons et à la filtration à travers le linge.

D'ailleurs, lorsque la liqueur est amenée au point de ne plus contenir que de l'eau, du bi-oxide d'hydrogène et du chlorure de barium, on y verse du sulfate d'ar-

gent en poudre, et très-légèrement acide, sulfate qu'on se procure en calcinant le nitrate d'argent pur avec de l'acide sulfurique dans un creuset de platine; l'on agite le tout avec une baguette de verre; et l'on reconnaît que le chlorure de barium est complètement ou presque complètement décomposé, lorsque la liqueur s'éclaircit. Alors, pour atteindre le point de décomposition complète, de très-petites quantités de chlorure de barium très-étendu, ou du sulfate d'argent, doivent être ajoutées suivant que ce sera l'un ou l'autre de ces sels qui dominera.

Ici, comme précédemment, la liqueur devra encore être passée à travers un linge pour séparer les matières précipitées; ce genre de filtration réussit bien; il est rapide et diminue les pertes.

Il serait possible, sans aucun doute, d'obtenir la liqueur dans un état de neutralité parfaite; mais il vaut mieux faire en sorte qu'elle soit très-légèrement chargée d'acide sulfurique; quelques gouttes d'eau de barite précipiteront ensuite celui-ci, et l'on évitera ainsi toutes chances de décomposition du bi-oxide.

Enfin, après avoir filtré la nouvelle liqueur, non plus à travers un linge, mais sur du papier, on la concentrera comme de coutume sous le récipient de la machine pneumatique.

Rien ne s'opposera à ce qu'avant toute concentration on ne la charge très-promptement de 60 à 80 fois son volume d'oxigène par les procédés qui ont été décrits; seulement, au lieu de dissoudre le peroxide dans un vase de verre, il est beaucoup plus commode pour cela d'en

faire la dissolution dans une capsule de platine ou d'argent entourée de glace, et de broyer continuellement avec un pilon le peroxide déjà hydraté et divisé.

Sur *l'Oxide rouge de Phosphore et sur la Matière blanche généralement regardée comme une combinaison de cet oxide et d'eau;*

Par M. J. Pelouze,

Répétiteur à l'École polytechnique.

(Lu à la Société philomatique le 23 juin 1832.)

On sait depuis long-temps que le phosphore laisse en brûlant dans l'air un résidu rouge, insoluble, plus ou moins abondant suivant les circonstances pendant lesquelles la combustion a été produite. Cette matière, non plus que celle qui recouvre à la longue le phosphore conservé dans l'eau, n'a été jusqu'ici l'objet d'aucun examen. On les considère généralement, la substance rouge comme un oxide particulier, la matière blanche comme une combinaison d'eau avec cet oxide; mais cette opinion, qui n'est basée sur aucun fait, n'a été avancée qu'avec réserve et seulement comme vraisemblable.

Dans le but d'éclaircir une question dont la solution, quelle qu'elle fût, devait intéresser l'histoire d'un corps aussi remarquable que le phosphore, j'ai entrepris les expériences consignées dans cette note. Elles confirment l'opinion que la matière rouge est un oxide particulier,

et démontrent en même temps que la matière blanche est une combinaison de phosphore non oxidé et d'eau, combinaison analogue à l'hydrate de chlore analysé par M. Faraday.

Oxide rouge de phosphore.

J'ai suivi pour le préparer le procédé indiqué dans le *Traité de Chimie* de Berzélius. Ce procédé consiste à faire fondre du phosphore dans l'eau bouillante, et à diriger sur lui, à l'aide d'un tube, un courant de gaz oxigène. De là résulte une combustion de phosphore sous l'eau ; il se forme de l'acide phosphorique qui s'y dissout et de l'oxide de phosphore qui flotte dans la liqueur sous forme de flocons légers de couleur rouge-cinabre. Quand le feu a cessé d'éclater dans le sein de l'eau, on laisse celle-ci s'éclaircir, on décante le liquide acide, on lave l'oxide et on l'introduit dans un appareil distillatoire : il passe d'abord de l'eau, ensuite du phosphore qui était resté adhérent à l'oxide. Ce dernier reste dans la cornue, on le lave pour le débarrasser d'un peu d'acide phosphorique qui se produit pendant la distillation.

Il ne reste plus qu'à le dessécher. Celui qui a servi à mes expériences l'a été dans le vide à côté d'un vase renfermant de l'acide sulfurique concentré. Je l'y ai laissé pendant trois jours.

Voici les propriétés de cet oxide :

Il est rouge, sans odeur, sans saveur, plus dense que l'eau, complètement insoluble dans ce liquide ainsi que dans l'éther, l'alcool, les huiles fixes et essentielles. Il

n'est pas lumineux dans l'obscurité, lors même qu'on e frotte vivement entre deux corps rugueux, tels que des morceaux de liége.

Soumis à l'action de la chaleur au contact de l'air, il ne s'y enflamme qu'à une température voisine du rouge obscur. Une petite quantité de cet oxide a été introduite dans un tube de verre terminé par une boule d'une grande capacité que l'on a tenue plongée pendant un quart d'heure dans un bain de mercure bouillant. L'oxide a parfaitement résisté à cette température, même lorsqu'on a introduit du mercure dans la boule, circonstance qui devait tendre à déterminer sa décomposition par les affinités mutuelles de ce métal et du phosphore.

A une température rouge et au contact de l'air, l'oxide brûle et se convertit entièrement en acide phosphorique. Chauffé dans un tube fermé par les deux bouts, il se change en phosphore qui distille et en acide phosphorique, transformation qu'il était facile de prévoir.

L'acide sulfurique est sans action sur lui à la température ordinaire : à chaud ces deux corps donnent naissance à de l'acide phosphorique et à de l'acide sulfureux.

Les acides nitrique et nitreux l'attaquent avec une extrême énergie : ils l'enflamment subitement et le convertissent en acide phosphorique, ce qui est d'autant plus remarquable que l'oxide rouge résiste beaucoup mieux à l'influence de la chaleur et de l'air que le phosphore sur lequel l'acide nitrique est presque sans action à froid.

Il est probable que l'extrême énergie de cette combustion tient à la grande division de l'oxide, et que le phos-

phore présenterait le même phénomène, s'il était possible de l'obtenir en poudre très-ténue.

L'oxide rouge de phosphore projeté dans du chlore sec ou humide s'y enflamme subitement, et de cette action résultent de l'acide phosphorique et du perchlorure de phosphore. Le même corps produit une détonation extrêmement violente par son seul contact à froid avec le chlorate de potasse.

Le nitre le fait également détoner, mais avec moins de force, et il faut légèrement chauffer.

Les matières organiques exigent, pour être enflammées par l'oxide de phosphore, qu'on chauffe plus ou moins leur mélange avec cette substance.

Le soufre ne le décompose que vers la température à laquelle il fond et sans détonation, comme cela a lieu si facilement avec le phosphore.

J'ai répété plusieurs fois cette expérience dont le résultat m'étonnait beaucoup et ne me permettait pas de trouver une explication rationelle de la théorie des briquets phosphoriques.

Ces briquets se préparent, comme on sait, en prenant un tube de verre ou de plomb, le remplissant à moitié de phosphore, enflammant celui-ci avec une tige de fer chaud, et le laissant brûler en l'agitant jusqu'à ce qu'il s'éteigne. Pendant cette opération il se produit de l'oxide de phosphore et de l'acide phosphoreux qui restent mêlés au phosphore non oxidé.

On admet assez généralement que l'oxide de phosphore étant plus combustible que son radical, sa présence est la cause de l'inflammation des allumettes soufrées qu'on plonge dans leur mélange.

M. Berzélius donne, dans son *Traité de Chimie*, une autre explication de ce phénomène : il pense que c'est l'acide phosphoreux qui, en attirant avec rapidité l'eau et l'oxigène de l'air, produit une flamme qui allume le soufre et le bois.

Le peu d'énergie avec laquelle l'oxide de phosphore comparé au phosphore non oxidé agit sur le soufre et sur les matières organiques, m'a engagé à examiner si son unique rôle dans les briquets phosphoriques ne consisterait pas uniquement à diviser le phosphore. C'est effectivement ce qui a lieu.

Du phosphore a été introduit dans un tube de verre étroit avec un peu d'oxide rouge, et chauffé au bain-marie à 45°. Aussitôt le phosphore fondu, on a retiré le tube et agité le mélange avec une baguette de verre jusqu'à ce qu'il se soit solidifié.

On a obtenu en opérant ainsi une matière qui non-seulement enflamme les allumettes, mais encore s'enflamme elle-même spontanément à l'air, lorsqu'on en détache de petites quantités avec du fil de fer.

La silice réduite en poudre très-fine, et plusieurs autres substances inertes, m'ont offert le même résultat.

La magnésie que l'on emploie quelquefois dans la préparation des briquets ne remplit pas sans doute d'autre fonction.

L'analyse de l'oxide rouge de phosphore a été faite en acidifiant cet oxide par l'acide nitrique assez étendu d'eau pour que la réaction ne soit pas tumultueuse, saturant la liqueur par un grand excès d'oxide de plomb, et chauffant au rouge dans un creuset de platine pour décomposer le nitrate. Le poids de l'oxide de phosphore

et celui de l'oxide de plomb étant connus, il ne reste plus pour compléter l'analyse qu'à déterminer la quantité d'oxigène absorbé pendant la transformation de l'oxide de phosphore en acide phosphorique, ce que l'on fait en pesant le creuset après la calcination (1).

Première expérience.

Poids de l'oxide de phosphore.	=	0,500
Id. du protoxide de plomb. .	=	10,000
Id. de la matière calcinée. .	=	10,970.

Seconde expérience.

Poids de l'oxide de phosphore.	=	0,635
Id. du protoxide de plomb. .	=	10,000
Id. de la matière calcinée. .	=	11,229.

J'ai trouvé de la sorte l'oxide de phosphore formé de 85,5 de phosphore et de 14,5 d'oxigène, nombres qui conduisent à la formule Ph^3O, en prenant le chiffre 196,142 pour le poids atomique du phosphore, et à la formule Ph^3O^2, en adoptant l'ancien poids de l'atome de ce corps, c'est-à-dire 392,285. Les expériences récentes de M. Dumas sur la densité de la vapeur de phosphore ne permettent pas de choix entre ces deux nombres, à moins de renoncer à la supposition que les gaz simples renferment sous le même volume un même nombre d'atomes.

---

(1) Le creuset qui a servi à ces calcinations n'a point été altéré. J'ai constaté après chaque expérience l'absence du nitrate de plomb et du minium dans la matière calcinée.

En prenant donc 392,285 pour le poids de l'atome du phosphore, les combinaisons de ce corps avec l'oxigène sont représentées ainsi qu'il suit :

1 v. phosphore + $\frac{2}{3}$ v. oxigène = oxide rouge,
1 v. *id.* + 1 v. *id.* = acide hypophosphoreux,
(analyse de M. Henry Rose.)
1 v. *id.* + 3 v. *id.* = acide phosphoreux,
1 v. *id.* + 5 v. *id.* = acide phosphorique.

Quant à l'hydrate de phosphore, il est formé de volumes égaux de vapeur de phosphore et de vapeur d'eau.

Hydrate de phosphore.

Cette matière, qu'on croyait être de l'oxide de phosphore hydraté, est blanche, sans saveur, insoluble dans l'eau. Elle répand à l'air la même odeur que le phosphore. Comme lui, elle est lumineuse dans l'obscurité. Sa densité est de 1,515 à + 15°.

Mise en contact à froid avec l'acide sulfurique concentré, elle se décompose, abandonne son eau à l'acide, et le phosphore devient libre.

A une température de 43°, et même un peu au-dessous, l'hydrate de phosphore se décompose également en eau et en phosphore qui apparaît avec toutes les propriétés physiques et chimiques qui lui appartiennent. Il ne contient pas plus d'oxide que le phosphore qui vient d'être distillé, et se présente avec une transparence parfaite.

Pour déterminer la quantité d'eau contenue dans cette combinaison, j'ai pesé un tube de verre fermé à l'une de

ses extrémités, et terminé à l'autre par un bouchon de liége : j'y ai introduit l'hydrate desséché sur du papier Joseph. La matière a été ensuite chauffée à 50° avec de l'eau pour empêcher qu'il ne se brûle un peu de phosphore. Après le refroidissement, l'eau a été enlevée du tube, et celui-ci séché avec un tampon de papier absorbant et pesé de nouveau.

Poids du tube vide	= 6gr,370
Id. avec de l'hydrate.	= 7, 310
Id. après avoir enlevé l'eau. .	= 7, 195.

D'après cette expérience l'hydrate de phosphore est formé de 100 parties de phosphore et de 14,33 p. d'eau ou de 4 atomes de phosphore et de 1 atome d'eau ($Ph^2 + H^2O$ en prenant le nombre 392,285 pour poids d'atome du phosphore).

La chimie n'offre qu'un seul autre exemple d'une combinaison semblable. On le trouve dans l'hydrate de chlore.

D'après M. Faraday les cristaux d'hydrate de chlore se décomposent et se résolvent en chlore gazeux et en eau à la température de 4° seulement. Il existe donc entre les hydrates de phosphore et de chlore un rapprochement qui n'est peut-être pas sans intérêt. Du peu d'énergie avec laquelle sont unis leurs principes constituans, ne peut-on pas induire que si on ne connaît jusqu'ici qu'un nombre si limité de combinaisons d'eau avec les corps simples, c'est qu'en raison de leur instabilité ces combinaisons se détruisent en même temps qu'elles se forment.

Il ne m'a pas été possible de trouver un procédé autre

que celui qu'on connaît pour préparer l'hydrate de phosphore. Je dois à l'obligeance de M. Dumas les 5 ou 6 grammes qui ont servi à mes expériences. Il s'était formé dans le cours de plusieurs années à la surface de quelques cylindres de phosphore conservé dans l'eau. Il m'a été facile de l'isoler et de la séparer de la partie du phosphore qui avait échappé à cette espèce de cémentation.

La présence de l'air n'est pas indispensable à la formation de l'hydrate de phosphore; c'est au moins ce qu'on peut induire de sa composition. Je tiens de M. Robiquet qu'il a vu au laboratoire de Fourcroy une certaine quantité de cette matière blanche recouvrant du phosphore que l'on avait laissé pendant un grand nombre d'années dans un vase rempli d'eau bouillie et bouché.

Quant à l'assertion que le phosphore recouvert de croûtes blanches laisse à la distillation une plus grande quantité d'oxide rouge que le phosphore, son inexactitude est également démontrée par les propriétés et la composition de ces deux composés (1).

---

(1) En parcourant les divers Mémoires qui ont été écrits sur le phosphore, j'en ai remarqué un publié en 1823, par M. Branchi, professeur à Pise, dans lequel ce chimiste rapporte que « le phosphore soumis à l'influence du rayon rouge et des rayons calorifiques séparés des rayons lumineux, conserve sa transparence et ne se colore pas; qu'après avoir été fondu, le phosphore se solidifie le plus souvent à peu de degrés au-dessous de 45°, mais que quelquefois, sans qu'il soit possible d'en trouver l'explication, il peut être amené jusqu'à — 1°,5 sans se congeler. » J'ai répété un grand nombre de fois cette dernière expérience, mais je n'ai pu retarder la solidification plus bas que + 15°.

Sur *les Combinaisons du Chlore avec le Soufre, le Sélénium et le Tellure;*

Par H. Rose.

Combinaison du chlore avec le soufre.

Dans presque tous les Traités de Chimie, on trouve la composition du chlorure de soufre analogue à l'acide hyposulfureux, et par conséquent formé d'un atome de soufre et de deux atomes de chlore, ou 31,25 parties de soufre avec 68,75 p. de chlore.

Cette supposition fut spécialement justifiée dans ces derniers temps par l'analyse du chlorure de soufre de M. Dumas, qui le trouva, dans deux essais, composé de

	I.	II.
Chlore .	71,67	69,22
Soufre. .	30,00	30,72
	101,67	99,94

Dumas fit passer les vapeurs d'une quantité pesée de chlorure de soufre sur de la tournure de fer et de cuivre et détermina la quantité du sulfure et du chlorure métalliques formés. Cette méthode ne me paraît pas tout-à-fait convenable. M. Dumas ne semble pas avoir purifié suffisamment le chlorure de soufre qu'il a analysé.

En m'occupant, il y a quelque temps, des combinaisons des chlorures métalliques avec l'ammoniaque, et en basant le calcul pour l'analyse du chlorure de soufre et d'ammoniaque sur la composition du chlorure de soufre

généralement adoptée, j'obtins des résultats si contradictoires qu'il était impossible que cette composition me parût juste.

Si on prépare le chlorure de soufre en faisant passer un courant de chlore sec dans le soufre de manière à ce qu'il ne soit pas complètement dissous, et qu'on distille à une douce chaleur le chlorure de soufre liquide pour en séparer le soufre dissous, on obtient un chlorure de soufre qui ne contient ni chlore ni soufre en excès, et qui a constamment les mêmes propriétés et la même composition.

Le meilleur procédé pour l'analyser me paraît être de le traiter par l'acide nitrique fumant, en prenant les précautions nécessaires. Il se dissout à froid en peu de temps, et ordinairement sans résidu de soufre. Le chlorure de soufre fut pesé dans une ampoule de verre très-mince, à long col qui se terminait par une pointe très-fine. Cette boule fut pesée avant et après l'avoir remplie de chlorure de soufre qu'on y avait introduit après l'expulsion de l'air par la chaleur; puis on l'introduisit dans un flacon à l'émeri contenant de l'acide nitrique fumant. La petite boule cassée par des secousses, le chlorure de soufre fut dissous dans l'acide. Après l'avoir étendu d'eau, l'acide sulfurique produit fut précipité par le chlorure de barium. Dans l'un des essais j'obtins de 1,377 gr. de chlorure de soufre = 4,755 gr. de sulfate de baryte, et dans un autre, de 1,691 gr. de chlorure de soufre, préparé à une époque différente, on obtint 5,798 gr. de sulfate.

D'après cela, la composition du chlorure de soufre sera :

	I.	II.
Chlore....	52,38	52,70
Soufre....	47,62	47,30
	100,00	100,00

Ce qui correspond à 1 atome de soufre pour un atome simple de chlore, et pour 100 =

Chlore...	52,39
Soufre...	47,61
	100,00

Comme cette composition était si différente de celle de Dumas, je déterminai aussi la quantité du chlore dans le chlorure de soufre, ce qui cependant ne peut être effectué avec tant de précision qu'avec le soufre. Je décomposai par l'eau 1,402 gr. de chlorure de soufre dans un flacon à l'émeri.

La décomposition complète ne s'opère que difficilement et après long-temps, même quand on a employé une douce chaleur. Après 10 jours le soufre séparé s'était déposé, et fut pesé.

La liqueur, quoique rendue acide par un peu d'acide sulfurique, passait d'abord trouble par le filtre; on finit cependant, avec des filtrations répétées, par l'obtenir claire.

Lorsqu'on ajouta du nitrate d'argent pour précipiter l'acide hydrochlorique, il se forma encore un précipité brun, parce que, malgré l'action prolongée de l'eau sur le chlorure de soufre, la liqueur contenait encore de l'acide hyposulfureux non décomposé.

Le mélange de chlorure et de sulfure d'argent obtenu fut mis en digestion pendant assez long-temps avec de l'acide nitrique d'un degré assez fort pour oxider le sulfure d'argent, mais insuffisant pour attaquer le chlorure d'argent, qui pesa 3,011 gr. Ainsi le chlorure de soufre contient 52,98 pour 100 de chlore, ce qui s'accorde suffisamment bien avec la composition calculée.

Comme, au reste, il n'était pas impossible que le soufre pût entrer en combinaison avec encore une fois autant de chlore à proportions déterminées, ce qui seul aurait pu expliquer les différences entre l'analyse de Dumas et la mienne, je fis passer du chlore sec à travers le chlorure de soufre.

J'avais fait la même expérience il y a déjà quelques années sans obtenir les résultats attendus (1).

Le chlorure de soufre, bien qu'il absorbât du chlore, ne subit aucune autre altération qu'un changement de couleur en brun.

L'analyse du chlorure de soufre saturé de chlore, faite par l'acide nitrique fumant, donna 36,04 pour 100 de soufre, mais non pas 31,25 pour 100, composition nécessaire d'un atome de soufre avec 2 at. (1 at. double) de chlore.

Il en résulte, en supposant que le chlorure de soufre analysé fût saturé de chlore autant que possible, que le chlorure de soufre peut dissoudre du chlore sans former une combinaison chimique avec lui, comme cela arrive au chloride de titane et à quelques chlorures liquides. Malgré tout cela, il est probable qu'il existe encore des

---

(1) *Annal. de Poggendorff*, vol. III, p. 447.

combinaisons de soufre et de chlore à proportions croissantes ; mais je suis tenté de croire qu'elles ne peuvent être obtenues en traitant le chlorure de soufre avec du chlore libre.

On sait que le chlorure de soufre dissout une grande quantité de soufre. Cette dissolution de soufre passe, dans beaucoup de Traités de Chimie, pour une combinaison particulière, qu'on suppose contenir encore une fois autant de soufre que le chlorure de soufre. Ainsi on la croit composée d'un atome de soufre avec un seul atome de chlore ; mais comme ces proportions, d'après mes analyses, sont précisément celles qui constituent le chlorure de soufre, si celui-ci ne contient pas d'excès de soufre, cette dissolution devrait nécessairement être composée de 2 at. de soufre et de 1 at. de chlore, ou 100 p. = 64,51 p. de soufre et 35,49 de chlore.

Une telle combinaison à proportions définies ne me paraît pas admissible, parce que le chlorure de soufre, exposé à une chaleur suffisante, dissout tant de soufre, qu'il se forme une liqueur sirupeuse, d'où le soufre en excès non-seulement se dépose en cristaux par le refroidissement, mais encore continue à se déposer sous le même état pendant plusieurs semaines.

Je mis en contact pendant quelques jours, et à la température ordinaire, du chlorure de soufre avec un excès de soufre. Le chlorure prit une couleur jaune plus claire, sans autre altération. L'analyse par l'acide nitrique fumant indiquait dans cette liqueur = 66,74 pour 100 de soufre. La dissolution du soufre dans le chlorure de soufre faite à froid renfermait, par conséquent, déjà beaucoup plus de soufre que la composition calculée de

2 at. de soufre et 1 at. de chlore. Il paraît en résulter que la dissolution du soufre dans le chlorure de soufre n'a pas lieu d'après des proportions définies.

Ainsi, jusqu'à présent, nous ne connaissons qu'une seule combinaison du soufre avec le chlore à proportion définie.

Parmi les chlorures volatils, je n'en connais aucun, si j'en excepte le chlorure de sélénium, qui renferme si peu d'atomes de chlore que le chlorure de soufre. C'est peut-être la cause pour laquelle le chlorure peut produire des combinaisons cristallisées avec les chlorides volatils contenant beaucoup de chlore, et dont nous avons l'exemple dans le chloride de titane et celui d'étain (1) où il paraît entrer comme partie basique.

Lorsqu'on décompose le chlorure de soufre par l'eau, il se produit de l'acide hyposulfureux pendant qu'il se sépare du soufre, comme le traitement avec le nitrate d'argent le paraît indiquer. Cet acide se décompose plus tard à la manière connue. Or il résulte de la composition du chlorure de soufre donnée, que pendant sa décomposition par l'eau et à la fin de celle-ci, ce n'est pas la moitié du soufre contenu qui s'en est séparé, comme on l'avait cru jusqu'à présent; de même que ce n'est pas l'autre moitié qui se sépare à l'état d'acide sulfureux; mais que ce sont $\frac{3}{4}$ du soufre contenu qui se séparent (à l'état de soufre) et $\frac{1}{4}$ à l'état d'acide sulfureux. Dans l'analyse mentionnée ci-dessus, où je décomposai 1,402 gr. de chlorure de soufre par l'eau, j'obtins

(1) *Annales de Poggendorff*, vol. XVI, p. 67.

0,389 gr. de soufre, ainsi déjà plus que la moitié du soufre du chlorure de soufre. Cependant la décomposition de l'acide hyposulfureux produit n'était pas encore achevée, car la dissolution d'argent produisait encore beaucoup de sulfure d'argent dans la liqueur filtrée et séparée du soufre.

Composition de l'acide hyposulfureux.

On doit être surpris que la seule combinaison du chlore avec le soufre ne corresponde à aucune des combinaisons oxigénées du soufre, pas même à la plus basse, à l'acide hyposulfureux, puisqu'on observe toujours une très-grande analogie entre les combinaisons du chlore et celles de l'oxigène d'un corps simple. Comme le chlorure de soufre en se décomposant au moyen de l'eau, donne d'abord de l'acide hyposulfureux qui est ensuite décomposé, on devrait en conclure que la composition de cet acide ne serait pas exactement connue, si M. Gay-Lussac n'eût appris qu'il est composé d'un nombre égal d'atomes de soufre et d'oxigène.

Ne connaissant pas la méthode dont Gay-Lussac s'est servi dans l'analyse de cet acide, je l'ai de nouveau analysé, ce qui peut-être paraîtra inutile.

Lorsque l'acide hyposulfureux d'un sel neutre est parfaitement oxidé, la quantité de l'acide sulfurique produit est une fois aussi grande que celle qui est nécessaire pour former un sulfate neutre avec la base. J'ai trouvé exact ce résultat qui est énoncé dans quelques Traités de Chimie.

Je fis fondre 1,038 gr. d'hyposulfite de baryte avec du

nitrate de potasse qui avait été mêlé de carbonate de soude pour rendre l'action moins vive. La masse saline traitée par l'eau et un excès d'acide hydrochlorique laissa un résidu de 0,916 gr. de sulfate de baryte. La liqueur filtrée, traitée par une dissolution de chlorure de baryum, me donna 0,920 gr. de sulfate de baryte. On peut bien considérer ces deux quantités de sulfate de baryte comme égales, et, par conséquent, dans un hyposulfite neutre l'acide renferme 2 at. de soufre.

Dans l'intention de voir si ces deux atomes de soufre dans l'acide hyposulfureux sont unis à deux atomes d'oxigène ou à un seulement, ce qui l'aurait rendu analogue à la composition du chlorure de soufre, je traitai des hyposulfites par la chaleur, à l'abri du contact de l'air, pour pouvoir calculer la composition de l'acide par le rapport du sulfure métallique au sulfate formés. Cependant j'obtins des résultats que je ne pus expliquer qu'après avoir trouvé la composition d'une autre manière.

Il aurait été plus simple en apparence de déterminer la quantité du soufre ou de l'acide sulfureux produit par la décomposition d'un hyposulfite au moyen d'un acide.

Mais comme la décomposition de l'acide hyposulfureux par cette méthode marche trop lentement, et que l'analyse de l'acide sulfureux présente des difficultés, je profitai de la faculté des hyposulfites de transformer en un sulfure et en un sulfate les sels de quelques oxides métalliques qui retiennent faiblement leur oxigène. Ainsi je mêlai la dissolution d'une quantité quelconque d'hyposulfite de soude avec une dissolution étendue de

nitrate d'argent, de sorte que celle-ci prédominait. Je chauffai, et après la décomposition complète, je séparai le sulfure d'argent par filtration, et l'acide sulfurique dans la liqueur filtrée par une addition de nitrate de baryte. Le sulfate de baryte pesa 1,017 gr. Le sulfure d'argent obtenu fut traité par l'acide nitrique fumant et dissous dans l'eau. La dissolution donna par l'acide hydrochlorique 1,149 gr. de chlorure d'argent; et lorsqu'on traita la dissolution filtrée par le chlorure de baryum, on obtint 0,999 gr. de sulfate de baryte, quantité qui est presque égale à celle qu'on avait obtenue par la précipitation de l'acide sulfurique formé par la décomposition de l'acide hyposulfureux. Par conséquent le sulfure d'argent était composé de 0,865 gr. d'argent et 0,137 gr. de soufre, ce qui est, à peu de chose près, la composition ordinaire du sulfure d'argent; et en outre, il renfermait autant de soufre que l'acide sulfurique formé par la décomposition de l'acide hyposulfureux. La petite augmentation de la quantité de l'acide sulfurique dans cet essai est due sans doute à la réaction de l'acide nitrique du nitrate d'argent sur le sulfure d'argent au moyen de la chaleur. Quand on suppose que les quantités de soufre dans le sulfure d'argent et dans l'acide sulfurique formés sont égales, alors l'acide hyposulfureux renferme aussi 2 at. d'oxigène pour 2 at. de soufre, et la moitié du soufre de l'acide hyposulfureux est transformée en acide sulfurique, de telle manière qu'elle s'approprie toute la quantité d'oxigène de l'acide hyposulfureux avec celle de l'oxide d'argent transformé en sulfure d'argent.

La composition de l'acide hyposulfureux, d'après

Gay-Lussac, adoptée dans tous les Traités de Chimie, se trouve ainsi constatée ; sa capacité de saturation est égale à la moitié de son oxigène.

Il paraît que tous les hyposulfites renferment de l'eau. Celui d'entre eux qui paraît en contenir le moins est l'hyposulfite de baryte.

Des expériences faites avec ce sel, il résulte qu'il est composé d'un at. d'eau de cristallisation, ou de 6,73 pour 100 dont l'oxigène est égal à la moitié de l'oxigène de l'acide. La composition de ce sel calculée pour cent est :

Soufre dans l'acide hyposulfureux.	24,07
Oxigène de l'acide hyposulfureux..	11,96
Baryte	57,24
Oxigène de l'eau.....	5,98
Hydrogène de l'eau.....	0,75
	100,00

En considérant 1 at. d'eau de cristallisation comme nécessaire à la composition des hyposulfites, on pourrait aussi les regarder comme composés d'un atome d'un sulfate neutre et d'un atome d'hydrogène sulfuré, quoique cette idée ne soit pas confirmée par la manière dont ils se comportent à une température élevée. Car, bien qu'il se dégage de l'hydrogène sulfuré et qu'il se forme un sulfate, lorsqu'on chauffe les hyposulfites à l'abri du contact de l'air, il y a encore d'autres produits qui se forment en même temps. Dans le cas où le sel ne contient qu'un atome d'eau de cristallisation, comme l'hyposulfite de baryte, il se dégage toujours de l'hydrogène sulfuré et un peu d'eau ; on trouve du soufre sublimé, et

le résidu dans la cornue est un mélange d'un sulfate et d'un sulfure métallique.

J'ai fait plusieurs expériences pour déterminer les rapports qui existent entre le sulfate de baryte et le sulfure de baryum produits par la décomposition de l'hyposulfite de baryte, mais les résultats en étaient très-discordans. Dans ces expériences, l'accès de l'air était si bien empêché, qu'il ne pouvait avoir aucune influence sur les résultats. L'hydrogène sulfuré fut reçu sur le mercure; le col de la cornue fut soudé à la fin de la décomposition, et lorsque tout était parfaitement refroidi, on sépara le sulfure de baryum du sulfate de baryte moyennant de l'eau bouillante, puis on précipita la baryte du sulfure de baryum par l'acide sulfurique versé dans la dissolution.

Voici les résultats de quatre essais.

Nombre des essais.	Quantités de l'hyposulfite employé.	Quantités de baryte d'après le calcul.	Quantités de baryte contenues dans le sulfate de baryte obtenu par la décomposition.	Quantités de baryte contenues dans le sulfate de baryte obtenu par la décomposition du sulfure de baryum.
I.	3,418 gr.	1,956 gr.	1,755 gr.	0,225 gr.
II.	2,233	1,278	0,682	0,596 *
III.	4,351	2,490	2,323	0,217
IV.	3,923	2,245	2,112	0,161

Dans le deuxième essai seulement on détermina la quantité de baryte correspondante au sulfure de baryum et marquée d'une astérisque, non par l'expérience, mais par la perte. On observera facilement dans chacun des trois autres essais, que la quantité de baryte est un

peu plus grande que celle que le sel renferme d'après le calcul. La raison en est que le sel qui servait pour l'essai renfermait encore de l'humidité en sus de l'eau de cristallisation.

Ces résultats font voir que les produits de la décomposition des hyposulfites par la chaleur sont variables dans leurs rapports dans les différens essais. Il est probable que c'est la chaleur appliquée avec plus ou moins de soin qui exerce son influence sur les proportions des produits.

Comme il se produit encore de l'hydrogène sulfuré en outre du sulfate et du sulfure métallique; qu'il se sublime du soufre et qu'une partie de l'eau de cristallisation reste indécomposée; nous voyons ainsi cinq corps différens se former, et par conséquent, le nombre possible de leurs combinaisons s'augmenter. Dans de pareils cas, les proportions paraissent toujours différentes dans les différens essais, lorsqu'on n'a pas su appliquer exactement le degré de chaleur. On peut vérifier cette observation principalement lorsque, à l'abri de l'air, on expose des corps organiques à une chaleur plus ou moins lente. Cependant il n'y a pas d'autres exemples parmi les substances inorganiques, si simplement composées que l'hyposulfite de baryte, où la décomposition par l'augmentation de la température puisse donner naissance à tant de produits, et même en proportions si variées.

Combinaisons du chlore avec le sélénium.

Nous les connaissons par les travaux de M. Berzelius. Je veux seulement rappeler ici que la combinaison in-

férieure du chlore avec le sélénium ressemble beaucoup au chlorure de soufre. Tous les deux se présentent comme des liquides huileux et volatils ; ils ont une couleur qui se ressemble, et par leur décomposition au moyen de l'eau, ils donnent naissance à des acides oxigénés d'une composition correspondante, pendant que le soufre ou le sélénium se séparent. D'après Berzelius, le chlorure de sélénium est composé d'un nombre égal d'atomes de chlore et de sélénium. La combinaison qui contient le plus de chlore et qui est solide est celle d'un atome de sélénium avec 4 at. de chlore; mais il n'y a pas de combinaison de soufre et de chlore qui lui corresponde.

Combinaisons du chlore avec le tellure.

a) Chloride de tellure. Si on expose le tellure à une douce chaleur pendant qu'on fait passer dessus un courant de chlore, il se produit alors du chloride de tellure blanc et cristallin qu'on peut obtenir par distillation. Ce corps a beaucoup de ressemblance avec le chloride de sélénium ; il est solide à la température ordinaire, mais il fond à une douce chaleur, en une liqueur brunâtre, qui, en refroidissant, redevient parfaitement blanche ; à une température plus élevée il est volatil. Il ne fume pas exposé à l'air, mais il en absorbe l'humidité. L'eau le décompose en une liqueur laiteuse pendant qu'il se produit de l'oxide de tellure et de l'acide hydrochlorique, dont la quantité n'est pas suffisante pour dissoudre l'oxide de tellure.

Au lieu du tellure pur, je me suis servi pour la pré-

paration de ce chloride de l'argent tellurifère que mon frère a rapporté de l'Altaï, et j'en ai choisi les morceaux les plus purs (1).

2,049 gr. de chloride de tellure dissous avec les précautions convenables dans l'eau, à laquelle on avait ajouté une quantité d'acide sulfurique étendu, nécessaire pour dissoudre l'oxide de tellure, donnèrent 4,330 gr. de chlorure d'argent, en le précipitant par le nitrate d'argent.

Ainsi la composition du chloride de tellure pour 100 est :

Chlore.....	52,13
Tellure.....	47,87
	100,00

ce qui correspond à une combinaison d'un atome de tellure avec 4 at. de chlore; et celle-ci sera composée, calculée pour 100, de

Chlore.....	52,33
Tellure.....	47,67
	100,00

b) *Chlorure de tellure*. Le traitement du tellure par le chlore à une plus forte chaleur donne une tout autre combinaison. Ici il se distille une liqueur volatile noire, qui, en refroidissant, se fige et donne un corps noir solide. La vapeur de ce chlorure est violette comme celle de l'iode, excepté que sa couleur n'est pas si in-

(1) *Annales de Poggendorff*, vol. XVIII, p. 64.

tense. Cette combinaison ne fume pas quand elle est exposée à l'air, mais elle en absorbe l'humidité.

Décomposée par l'eau, elle donne un liquide noir grisâtre qui laisse déposer de l'oxide de tellure et du tellure métallique, dont le premier est dissous en partie par l'acide hydrochlorique produit en même temps, pendant que le second n'en est pas attaqué du tout. Lorsqu'on traite cette combinaison de chlore par l'eau aiguisée convenablement par l'acide sulfurique, l'oxide de tellure se dissout, et il ne reste que le tellure métallique noir.

La préparation de cette combinaison de chlore réussit mieux, si, au lieu de se servir du tellure pur, on prend l'argent telluriſère, qu'on peut traiter par le chlore à une chaleur très-forte, sans avoir à craindre de salir le chlorure de tellure par le tellure métallique, le tellure de l'argent telluriſère ne pouvant être chassé par un degré de chaleur inférieur.

Il est difficile d'obtenir ce chlorure inférieur de tellure exempt de chloride; on ne réussit pas même en le distillant sur du tellure pur. Le chlorure de tellure étant un peu plus volatil que le chloride, on pourrait les séparer l'un de l'autre par une chaleur convenablement conduite.

2,862 gr. du chlorure traités par l'eau aiguisée d'acide sulfurique, laissèrent 0,917 gr. de tellure métallique. La liqueur filtrée et traitée par le nitrate d'argent donna 4,382 gr. de chlorure d'argent.

D'après cela, la composition de ce chlorure de tellure serait :

Chlore.....	37,77
Tellure.....	62,23
	100,00

L'analyse de ce chlorure, que je distillai encore une fois sur du tellure métallique, me donna 37,04 de chlore. Le chlorure renfermant sans doute encore du chloride, cette composition correspond à une combinaison d'un atome de tellure avec 2 at. En calculant pour 100, on a :

Chlore.....	35,45
Tellure.....	64,55
	100,00

L'eau décompose le chlorure de tellure en acide hydrochlorique, en oxide de tellure et en tellure métallique, et ce dernier est même égal à la moitié de la quantité contenue dans la combinaison. Dans l'analyse en question, la portion du tellure métallique séparée par l'eau était 32,04 pour 100. Lorsqu'on décompose une plus grande quantité de chlorure de tellure par l'eau contenant de l'acide sulfurique, le tellure séparé se prend sous forme de très-petites fibres cristallines.

Le chlorure de tellure exposé à un courant de chlore se transforme bientôt à la surface en chloride. Il faut cependant, pour opérer une transformation complète en chloride, chauffer le chlorure de temps en temps à une douce chaleur et le fondre. 100 parties de chlorure qui auraient dû absorber 35,45 parties de chlore pour être transformées en chloride, n'ont absorbé que 30 parties de chlore.

Quoique le tellure soit différent du soufre et du sélénium par son éclat métallique, par sa conductibilité pour l'électricité, mais principalement par sa forme cristalline qui ressemble à celle de l'arsenic et de l'antimoine; cependant le soufre, le sélénium et le tellure ont tant d'analogie dans beaucoup de leurs combinaisons, qu'ils doivent former sous ce rapport un groupe semblable, comme le chlore, le brôme, l'iode d'un côté, et le phosphore et l'arsenic de l'autre. Mais nous observons dans tous les membres de ces groupes que leurs combinaisons avec d'autres corps ont souvent les plus grandes analogies entre elles, et souvent n'en ont pas du tout. La seule combinaison connue entre le soufre et le chlore ressemble à celle du chlore avec le sélénium, et lui ressemble beaucoup quant à ses propriétés chimiques, pendant que le chlorure de tellure en diffère déjà beaucoup par son agrégation, et que sa composition s'en éloigne encore davantage. De l'autre côté le tellure, par son chloride, a beaucoup d'analogie avec le sélénium : aussi les deux chlorides ont-ils une composition analogue. Pendant que l'analogie entre le soufre, le sélénium et le tellure, qui se prononce distinctement dans leurs combinaisons avec l'hydrogène, est confirmée de nouveau par leurs combinaisons avec le chlore, il est étonnant de voir que parmi les combinaisons de ces corps avec l'oxigène, ce ne sont que les oxidations supérieures, l'acide sulfurique et l'acide sélénique, qui ont une grande analogie entre elles, tandis que cette analogie disparaît entre l'acide sulfureux, l'acide sélénieux et l'oxide de tellure, qui ont une composition analogue. Au reste, nous observons quelque chose de semblable

dans les combinaisons du phosphore et de l'arsenic; les combinaisons de ces corps avec l'hydrogène et avec le chlore, comme leurs combinaisons les plus oxigénées, ont la plus grande ressemblance par une composition analogue; tandis qu'on ne peut trouver de ressemblance, pas même dans leurs combinaisons, entre l'acide phosphoreux et l'acide arsenieux, qui pourtant ont une composition analogue.

(*Annalen der Physik*, mars 1831, vol. XXI, 431.)

Tablettes *imitant l'Ardoise, pour écrire et calculer;*

Par M. Henri Braconnot.

Un de mes amis a rapporté plusieurs tablettes d'Allemagne, où il paraît qu'on les fabrique exclusivement, sous le nom impropre d'ardoises élastiques; elles sont en effet légères, peu embarrassantes, point fragiles et si commodes pour écrire avec un crayon d'ardoise, que nous avons eu lieu d'être surpris qu'elles ne fussent pas plus répandues dans le commerce, ce que nous n'avons pu attribuer qu'à leur composition connue seulement par un petit nombre de fabricans : tel est le motif qui m'a porté à en faire l'analyse, qu'il est inutile d'exposer.

Je me contenterai d'indiquer le moyen suivant pour les imiter.

Prenez : Sable siliceux en poudre impalpable 82 parties.
Noir de fumée..... 8
Huile de lin cuite..... 10

On broye bien ces substances pour qu'il en résulte une pâte presque pulvérulente que l'on délaye avec une suffisante quantité d'essence de térébenthine, en ayant soin d'agiter continuellement le mélange afin de pouvoir l'étendre uniformément avec un pinceau sur un carton mince bien uni ; lorsque cette première couche est sèche on en applique une seconde et même une troisième. Si cette dernière présente des inégalités, on les fait disparaître et on adoucit la surface en y promenant le pinceau, ou un tampon enduit du mélange ci-dessus, mais plus détrempé d'essence.

Comme il n'est pas très facile de réduire le sable siliceux en poudre impalpable, et que d'ailleurs il faut le laver plusieurs fois par décantation pour l'obtenir d'une grande ténuité, on pourra lui substituer quelques autres poudres rudes, faciles à se procurer, telles que du verre, ou mieux encore, du tripoli bien pulvérisé et lavé. En effet cette substance, presque entièrement formée de silice et de très-peu d'alumine, pourrait bien être la base de l'enduit des tablettes d'Allemagne ; ce qui me le fait soupçonner, c'est que j'en ai séparé une quantité d'alumine plus forte que celle que renferme le sable quartzeux. On pourrait aussi remplacer ce sable quartzeux par de la brique pilée bien cuite ; mais ces poudres étant plus absorbantes que le quartz exigent près du double de la quantité d'huile prescrite, et une plus longue exposition

l'air et au soleil pour obtenir une parfaite dessication.

Je dois aussi noter que l'enduit d'Allemagne m'a offert une quantité de matière gommeuse analogue à l'amidon torréfié, plus grande que celle que l'on peut admettre dans les lambeaux de carton adhérent à cet enduit; il ne serait donc pas impossible que la première couche eût été donnée avec la solution aqueuse de cette matière gommeuse à laquelle on aurait mélangé la poudre siliceuse et le noir. Au reste, je n'ai point fait de recherches à ce sujet, puisque, par le procédé décrit, j'ai obtenu un résultat satisfaisant.

Nancy, 30 mai 1832.

ERRATA *relatif à la note sur l'Ebullition des Liquides, imprimée dans le vol.* XLIX, *p.* 393 *de ce Journal.*

Le degré d'ébullition du chlorure de carbone qui, dans le manuscrit communiqué par M. Liebig, était fixé par erreur à 68°,8, n'est réellement que de 60°,8, ainsi qu'on peut le voir dans le mémoire en allemand publié dans les *Annales de Poggendorff.* Dès-lors l'observation de M. Liebig s'explique très-bien par la théorie qui a été développée dans la note citée.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Mai* 1832.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	745,20	+12,0	90	744,20	+14,6	90	743,37	+14,7	86	744,17	+11,5	90	+17,2	+ 9,2	Pluie fine.	S. O.
2	745,21	+10,5	90	745,05	+15,3	80	745,76	+14,0	80	747,92	+10,8	90	+15,3	+ 9,8	Couvert.	S. S. O. fort.
3	749,44	+15,0	88	748,17	+17,7	70	746,60	+18,5	71	747,70	+12,7	96	+18,5	+ 9,2	Très-nuageux.	S. fort.
4	751,58	+13,5	80	751,56	+15,5	70	752,95	+17,0	60	758,22	+12,0	86	+17,0	+ 9,8	Très-nuageux.	S. O.
5	763,80	+15,6	75	763,88	+16,2	75	763,13	+18,7	68	762,53	+14,2	76	+18,7	+ 6,7	Couvert.	S. S. O.
6	762,22	+21,3	70	761 56	+23,3	65	760,25	+23,5	60	759,15	+17,8	76	+24,0	+12,8	Nuageux.	S.
7	757,70	+23,2	70	756,38	+26,5	65	754,22	+27,2	63	754,70	+22,5	70	+27,5	+14,0	Très-nuageux.	S. E.
8	757,73	+18,7	62	757,16	+22,0	52	756,54	+21,3	50	757,32	+15,0	70	+22,0	+13,4	Nuageux.	N. O.
9	760,30	+11,2	65	760,00	+12,5	60	759,54	+13,1	55	761,83	+ 7,0	65	+13,1	+ 7,0	Nuages clairs.	N. E.
10	763,84	+ 8,8	70	763,60	+ 9,0	65	763,50	+10,5	60	764,66	+ 6,5	70	+11,0	+ 3,3	Très-nuageux.	N. O. fort.
11	763,17	+ 9,7	70	762,00	+11,5	64	760,14	+13,1	58	759,05	+ 9,2	70	+13,1	+ 6,2	Nuageux.	N.
12	754,88	+ 8,3	90	754,46	+ 7,5	80	753,30	+10,5	62	752,93	+ 4,0	75	+11,0	+ 4,0	Couvert.	N. O.
13	750,14	+12,5	62	750,08	+ 7,5	65	749,76	+ 7,5	85	751,22	+ 5,5	88	+13,1	+ 1,7	Pluie et gresil.	O. N. O.
14	752,38	+10,8	65	752,04	+12,8	50	748,72	+13,8	50	751,64	+ 6,8	70	+13,8	+ 2,0	Très-nuageux.	O.
15	750,38	+13,2	68	749,80	+15,5	52	749,54	+14,7	50	749,67	+10,0	70	+15,5	+ 2,5	Très-nuageux.	S.
16	749,37	+10,6	80	749 40	+12,8	80	748,70	+13,5	80	750,04	+ 7,8	96	+13,5	+ 6,3	Couvert.	N. E.
17	751,24	+ 8,7	88	752,66	+ 8,5	90	753,80	+ 8,2	94	755,93	+ 7,7	96	+ 9,0	+ 7,5	Pluie.	O. N. O.
18	758,65	+ 9,4	92	758,87	+15,0	75	759,05	+11,0	90	760,28	+ 9,5	92	+15,0	+ 7,0	Très nuageux.	O.
19	762,33	+15,5	71	761,85	+16,0	60	761,55	+17,5	50	760,95	+12,7	80	+17,5	+ 4,7	Nuageux.	S. E.
20	759,44	+17,3	60	758,57	+20,3	48	758,27	+20,9	45	759,40	+15,3	86	+20,9	+ 9,5	Nuageux.	E.
21	761,87	+18,7	88	760 65	+22,2	65	760,60	+20,2	70	761,58	+15,0	99	+22,2	+13,5	Couvert.	S.
22	763,36	+16,3	74	762,94	+20,1	60	762,45	+20,8	58	763,06	+14,3	70	+20,8	+12,4	Nuageux.	N. O.
23	762,96	+17,0	75	762,65	+19,0	61	762,09	+17,7	60	762,76	+15,2	80	+19,7	+12,6	Très-nuageux.	N. O.
24	763,54	+14,8	78	763,25	+17,0	65	762,90	+17,3	62	762,76	+13,5	70	+17,3	+10,0	Nuageux.	N.
25	762,10	+17,5	66	760,95	+20,2	58	759,80	+19,9	55	758,97	+16,9	65	+20,2	+ 8,5	Nuageux.	N. E.
26	756 50	+17,8	80	755,30	+19,8	66	754,32	+21,9	60	754,75	+15,1	80	+21,9	+13,1	Nuageux.	N. O.
27	755,00	+15,5	75	754,90	+17,2	60	754,42	+17,0	55	755,15	+12,7	80	+17,2	+ 9,5	Très nuageux.	N.
28	755,25	+15,0	65	754,93	+17,5	54	754,17	+18,3	50	754,18	+15,0	53	+18,3	+ 8,3	Nuages clairs.	E. N. E.
29	753,84	+20,5	50	753,20	+22,5	47	752,88	+24,0	43	753,74	+18,2	50	+24,5	+ 9,0	Vapeurs, petits nuages.	N. E.
30	754,92	+20,5	64	754,27	+24,8	50	753,37	+23,0	46	752,17	+17,5	90	+25,8	+12,3	Nuageux.	S.
31	749,06	+14 9	84	747,18	+16,7	90	746,04	+15,9	94	746,36	+14,4	96	+16,7	+10,7	Pluie continuelle.	S. S. O.
1	755,70	+15,0	76	755,16	+17,3	69	754,59	+17,8	65	755,82	+13,0	79	+18 4	+ 9,5	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	755 20	+11,6	75	754,97	+12,7	66	754,26	+13,1	66	755,11	+ 8,8	82	+14,2	+ 5,1	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 5,428
3	758,04	+17,1	73	757,29	+19,7	61	756,64	+19,6	59	756,86	+15,3	76	+20,4	+10,9	Moyennes du 21 au 31.	Terrasse, 5,132

Recherches *expérimentales sur l'Electricité.* Seconde série.

Par Michel Faraday, F. R. S., M. R. I.
Correspondant de l'Académie des Sciences de Paris, etc., etc.

(Lu à la Société royale le 12 janvier 1832.)

§ V. *Induction magnéto-électrique terrestre.*
§ VI. *Force et direction de l'induction magnéto-électrique en général.*

§ V. *Induction magnéto-électrique terrestre.*

(140) Lorsqu'on découvrit les faits généraux décrits dans le mémoire précédent, et les lois de l'induction magnéto-électrique relatives à la direction (114), il ne fut pas difficile de voir que la terre devait produire le même effet qu'un aimant; et cela à un degré tel que l'on pût s'en servir avec avantage dans la construction de nouvelles machines électriques. Voici quelques uns des résultats obtenus en suivant cette idée.

(141) On mit en communication avec le galvanomètre l'hélice creuse déjà décrite (6), par des fils de métal de huit pieds de long; et après avoir chauffé au rouge le cylindre de fer doux (34), et l'avoir laissé refroidir lentement pour détruire la moindre trace de magnétisme, on le mit dans l'hélice, et on l'y fixa de manière à ce que les deux bouts sortissent également des deux côtés. L'hélice et le cylindre furent placés dans la direction

de l'inclinaison magnétique, et (l'aiguille du galvanomètre restant immobile) on renversa l'appareil bout pour bout de manière à ce qu'il restât toujours dans le plan du méridien : l'aiguille dévia tout de suite. Comme elle reprenait sa position primitive, on renversa de nouveau l'appareil, et en répétant cette opération deux ou trois fois, de manière à faire coïncider les inversions avec les oscillations, l'aiguille oscilla dans un arc de 150° à 160°.

(142) Si une extrémité de l'hélice, que nous appellerons A, est en haut, et l'autre extrémité B en bas, il est indifférent dans quel sens (à droite ou à gauche) on fait l'inversion, l'aiguille du galvanomètre dévie toujours du même côté. De même, lorsque l'extrémité B est en haut, l'inversion de la barre et de l'hélice dans un sens quelconque, produit une même déviation de l'aiguille, cette déviation ayant lieu dans un sens opposé à celui qui avait lieu dans le premier cas.

(143) Lorsque l'hélice dans une position donnée est retournée, l'effet est le même que si on avait introduit par en haut, dans la spirale renversée, un aimant ayant son pôle marqué en bas. Alors, si l'extrémité B est en haut, un tel aimant introduit par en haut ferait dévier l'extrémité marquée de l'aiguille du galvanomètre vers l'ouest. L'extrémité A étant en haut et le fer doux dans l'hélice, l'inversion de tout ce système produirait le même effet.

(144) Lorsque la barre de fer doux était retirée de la spirale et renversée dans différentes directions à moins de quatre pieds de distance du galvanomètre, on ne produisait aucun effet.

(145) Ces phénomènes sont la conséquence nécessaire du pouvoir inductif magnétique de la terre, qui rend le cylindre de fer doux un aimant avec son pôle marqué en bas. Cette expérience est analogue à celle dans laquelle deux barres magnétiques servirent à aimanter le même cylindre dans la même hélice (36), et l'inversion de position dans cette expérience est équivalente au chargement des pôles dans cette disposition. Mais ce résultat n'en est pas moins l'effet du développement de l'électricité par le moyen du magnétisme du globe.

(146) En fixant l'hélice seule dans l'inclinaison magnétique, lorsqu'on y introduisit le cylindre de fer doux, l'aiguille du galvanomètre dévia à l'instant. En retirant le cylindre lorsque l'aiguille reprenait sa position primitive, et continuant les deux actions simultanément, les oscillations arrivèrent jusqu'à 180°. L'effet était précisément le même qu'en faisant usage d'un cylindre magnétique avec le pôle marqué en bas. La direction du mouvement et les autres circonstances étaient les mêmes que lorsqu'on se servait d'un tel aimant (39). On fit usage dans cette position d'un aimant, et il donna les mêmes déviations, mais plus fortes. Lorsque l'hélice était placée à angle droit avec la ligne d'inclinaison magnétique, on n'obtint aucun effet sur l'aiguille par l'introduction du cylindre de fer doux. En choisissant des positions intermédiaires, on obtint des effets analogues qui allaient en augmentant à mesure que l'axe de l'hélice se rapprochait de la résultante magnétique du globe.

(147) Quoique l'aimant cylindrique agisse puissamment sur le galvanomètre, lorsqu'on l'introduit ou qu'on le retire de la spirale, il n'a pas le pouvoir de rendre

durable la déviation (39); et en le laissant dans la spirale, l'aiguille du galvanomètre reprend sa position d'équilibre. Mais en répétant l'expérience de l'inversion dans la ligne d'inclinaison magnétique (141), l'aiguille dévia aussi fortement que d'abord. L'altération du magnétisme dans l'acier aimanté, par l'action inductive de la terre, fut trouvée ainsi presque égale sinon tout-à-fait égale, en quantité et vitesse, à celle qui a lieu dans le fer doux. Il est probable que de cette manière les appareils magnéto-électriques pourraient devenir fort utiles pour indiquer l'altération des forces magnétiques, lorsqu'on ne saurait se servir d'autres moyens; car ce n'est pas toute l'action magnétique qui produit l'effet *visible*, mais seulement la différence due aux causes perturbatrices.

(148) Ces résultats favorables me firent espérer qu'on pouvait rendre sensible directement l'induction magnéto-électrique de la terre, et je suis parvenu dernièrement à obtenir cet effet de plusieurs manières. En plaçant l'hélice déjà décrite (141, 6) dans la ligne d'inclinaison magnétique, mais sans aucun cylindre de fer ou d'acier, on obtint par l'inversion une faible action sur l'aiguille. En renversant l'hélice dix ou douze fois, de manière que les forces développées par les courans électriques agissent toujours dans le sens où se meut l'aiguille (39), celle-ci fit des oscillations de 80° à 90° d'amplitude. Dans ce cas les courans électriques étaient produits par le pouvoir inductif direct du magnétisme terrestre, sans l'intermédiaire d'aucune matière ferrugineuse, et avec un métal incapable de produire aucun des phénomènes du magnétisme ordinaire. Cette expérience

représente en tout les effets produits en approchant la même hélice des pôles d'un fort aimant (50).

(149) Guidé par la loi précédemment exprimée (114), je pensai que tous les phénomènes électriques du plateau tournant se reproduiraient maintenant sans autre aimant que la terre. Le disque si souvent mentionné (85) fut fixé de manière à tourner dans un plan horizontal. Les courbes magnétiques de la terre (114 *note*), c'est-à-dire la direction de l'inclinaison magnétique, coupaient ce plan sous un angle à peu près de 70°, qui fut jugé assez près d'un angle droit pour causer une induction *magnéto-électrique* assez forte pour produire un courant d'électricité.

(150) Dans la rotation du plateau, les courans, d'après la loi donnée (114, 121), tendaient à passer dans la direction du rayon, dans *toutes* les parties du plateau, soit du centre à la circonférence, soit de la circonférence au centre, selon que la rotation s'effectuait dans un sens ou dans l'autre. L'un des fils du galvanomètre fut mis en contact de l'axe du plateau, et l'autre attaché à un conducteur (86) qui était placé lui-même contre le bord amalgamé du disque. En faisant tourner le plateau on obtint un effet sensible sur l'aiguille du galvanomètre ; en renversant la rotation, l'aiguille marcha dans une direction opposée ; et en faisant coïncider l'action du plateau avec les vibrations de l'aiguille, l'amplitude des oscillations arriva bientôt à un quart de cercle.

(152) Lorsque le plateau tourne à la *manière d'une vis* (screw-fashion), le courant électrique marche du centre à la circonférence (150) ; lorsque la rotation se fait dans le sens opposé, le courant marche de la cir-

conférence au centre. Ces directions sont les mêmes que lorsqu'on place le pôle non marqué d'un aimant au-dessous d'un plateau tournant (99).

(153) Lorsque le plateau était dans le méridien magnétique, la rotation ne produisait aucun effet sur le galvanomètre. Lorsqu'il était dans un plan incliné de quelques degrés à celui du méridien magnétique, on commençait à voir de l'électricité par la rotation. Lorsqu'il était dans un plan vertical perpendiculaire à celui du méridien magnétique, la rotation développait de l'électricité, et cette électricité allait en augmentant avec l'angle d'inclinaison jusqu'à 90°, où l'effet était un *maximum*.

(154) Il est extraordinaire d'observer le plateau tournant transformé en une machine électrique; et on obtient de curieux résultats en le comparant avec la machine ordinaire. Dans l'une, le disque est formé de la meilleure substance non conductrice qu'on puisse trouver; dans l'autre, c'est le plus parfait conducteur. Dans l'une, l'isolement est nécessaire; dans l'autre, il est fatal. Par rapport à la quantité d'électricité produite, la machine de métal ne cède en rien à celle de verre; car la première produit un courant constant capable de faire dévier l'aiguille du galvanomètre, tandis que la seconde ne le produit pas. Il est vrai que la force de ce courant n'a pas pu être augmentée de manière à la rendre sensible dans l'une des applications ordinaires de cette force; mais il y a lieu d'espérer qu'on pourra y parvenir bientôt, et probablement de différentes manières. Quoique ce courant paraisse faible, il est aussi fort, s'il n'est pas plus fort, qu'aucun courant thermo-électrique; car il peut traver-

ser les fluides (23), agiter le système animal; et dans le cas d'un *électro-aimant*, il a produit des étincelles (32).

(155) On amalgama sur les bords un disque de cuivre d'un cinquième de pouce d'épaisseur et d'un pouce et demi de diamètre, et on le plaça dans un carré de plomb (le cuivre aurait été meilleur) de la même épaisseur, ayant un trou circulaire au milieu. Un peu de mercure complétait le contact métallique entre le disque et l'anneau environnant. A celui-ci était attaché un des fils du galvanomètre, l'autre fil plongeait dans un petit vase métallique contenant du mercure, fixé sur le sommet de l'axe de cuivre du petit disque. En faisant tourner le disque dans un plan horizontal, l'aiguille du galvanomètre fut affectée, quoique la terre fût le seul aimant employé, et que le rayon du disque n'eût que trois quarts de pouce, dans lequel espace seulement le courant était excité.

(156) En plaçant le pôle d'un aimant sous le plateau tournant, l'aiguille du galvanomètre était déviée d'une manière permanente.

(157) On obtint des effets beaucoup plus forts avec des fils de cuivre d'un pouce d'épaisseur, au lieu des fils plus minces employés précédemment (86). Peut-être si le galvanomètre eût été formé d'un petit nombre de tours de gros fil métallique, au lieu d'en contenir un grand nombre de fil mince, on aurait obtenu des effets encore plus extraordinaires.

(158) Une forme d'appareil que je me propose de construire, c'est d'avoir plusieurs disques superposés et de les joindre *métalliquement* alternativement aux bords et aux centres par le mercure. On doit alors les faire

tourner dans des directions opposées, c'est-à-dire le premier, le troisième, le cinquième, etc., vers la droite, et le second, le quatrième, le sixième, etc., vers la gauche. Ils doivent être placés de manière à être perpendiculaires à l'inclinaison magnétique. L'électricité marchera du centre à la circonférence dans une série de disques, et de la circonférence au centre dans l'autre série. De cette manière l'action combinée de l'ensemble formera un courant plus puissant.

(159) Mais j'ai été plus avide de découvrir de nouveaux faits dans l'induction électro-magnétique que de renforcer l'action de ceux déjà découverts, persuadé qu'ils trouveront bientôt leur entier développement.

(160) Dans mon premier écrit, j'ai rapporté à l'influence probable de l'induction magnéto-électrique terrestre (137) la production d'une partie au moins des phénomènes observés par MM. Christie et Barlow (1) dans la rotation des corps ferrugineux, et spécialement ceux observés par ce dernier dans la rotation rapide d'un globe de fer, et qu'il avait attribués à un changement dans les dispositions ordinaires du magnétisme de ce globe. J'ai dit aussi que la rotation d'un globe de cuivre isolerait probablement les effets dus aux courans électriques de ceux qui dérivent seulement d'un changement de magnétisme, et servirait à faire connaître la nature de ces phénomènes.

(161) En considérant la loi déjà établie (114), il paraît impossible qu'un globe de métal puisse tourner,

---

(1) Christie, *Philosoph. trans.*, 1825, p. 28, 347, etc. Barlow, *Philosoph. trans.*, 1825, p. 317.

dans les circonstances ordinaires, sans produire des courans électriques dans son intérieur qui circulent dans le globe en rotation dans un plan perpendiculaire au plan de révolution, pourvu que l'axe de rotation ne coïncide pas avec la direction de l'inclinaison magnétique; il semble que le courant serait le plus intense si l'axe de rotation était perpendiculaire à cette direction; car alors toutes les parties du globe situées au-dessous d'un plan qui passe par le centre, et l'axe de rotation, couperaient (dans leur mouvement) les courbes magnétiques dans une direction, pendant que toutes les parties situées au-dessus de ce plan les couperaient dans la direction opposée. Il existerait ainsi dans ces parties en mouvement des courans qui iraient d'un pôle de rotation à l'autre; mais les courans supérieurs marcheraient en sens inverse des courans inférieurs, et dans leur rencontre formeraient une circulation continue d'électricité.

(162) Comme les courans électriques ne sont interrompus nulle part dans le globe, on pouvait attendre des effets très-marqués, et je tâchai de les obtenir avec un simple appareil. Le globe dont je me servis était de cuivre; il avait appartenu à une ancienne machine électrique; il était vide, de peu, de trop peu d'épaisseur, et avait quatre pouces de diamètre. Une tige de cuivre était fixée dans le globe et lui servait d'axe de rotation : on n'obtint jamais aucun signe de magnétisme lorsque le globe était en repos.

(163) On fit usage d'une aiguille magnétique composée pour découvrir les courans. Elle était disposée de la manière suivante : on ôta la tête et la pointe d'une aiguille à coudre, et on la magnétisa; puis on la coupa en

deux, et les deux aimans formés de cette manière furent fixés dans une tige d'herbe sèche, de manière à lui être perpendiculaires, à la distance de presque quatre pouces. Ils étaient tous les deux dans un même plan, mais leurs pôles semblables étaient dans des directions opposées. La tige était attachée à un fil de soie vierge de six pouces de long, et ce fil tenait à un petit bâton qui passait dans le bouchon d'une cloche cylindrique. Cet appareil était parfaitement à l'abri des mouvemens de l'air, et était peu influencé par le magnétisme terrestre, quoique fort sensible aux forces magnétiques et électriques, lorsqu'elles sont portées près de l'une ou de l'autre aiguille.

(164) En disposant les aiguilles dans le plan du méridien magnétique et en mettant le globe en dehors de la cloche de verre à l'ouest des aiguilles, de manière que le centre du globe fût dans le même plan horizontal que l'aiguille supérieure; si on imprimait un mouvement de rotation au globe (en prenant pour axe de rotation une ligne contenue dans le plan du méridien magnétique, mais perpendiculaire à la direction que prend une aiguille magnétique suspendue librement), l'aimant était affecté à l'instant. En renversant la direction de la rotation, l'aiguille fut affectée de nouveau, mais dans une direction opposée. Lorsque le globe tournait de l'est à l'ouest, le pôle marqué était porté vers l'est; lorsque le globe tournait dans la direction opposée, le pôle marqué dévia à l'ouest, du côté du globe. En mettant le globe à l'est des aiguilles, l'aiguille était affectée de la même manière. Lorsque le globe tournait de l'est à l'ouest, le pôle marqué marchait à l'est, ou vers le globe. Lorsque

la rotation se faisait dans le sens opposé, le pôle marqué déviait à l'ouest.

(165) En tordant la soie des aiguilles, elles furent amenées dans une position perpendiculaire au plan du méridien magnétique; on fit tourner le globe autour d'un axe parallèle aux aiguilles : celles-ci furent affectées comme précédemment, et la déviation fut telle à montrer que dans ce cas-ci et dans le précédent l'aiguille était influencée seulement par les courans électriques qui existent dans le globe.

(166) Si on considère la partie supérieure du globe comme un fil de métal qui se meut de l'est à l'ouest au-dessus du pôle non marqué de la terre, le courant électrique de cette partie ira du nord au sud (99, 114, 150); et si on considère la partie inférieure comme un fil semblable, allant de l'ouest à l'est au-dessus du même pôle, le courant électrique marchera du sud au nord. La circulation continue de l'électricité se fera donc du nord au sud dans la partie supérieure d'un globe tournant à notre latitude. Or ces courans sont précisément ceux qu'il faut pour donner la direction à l'aiguille dans l'expérience déjà décrite, de manière que l'accord de la théorie avec l'expérience est le plus satisfaisant.

(167) En inclinant considérablement l'axe de rotation, le globe tournant affectait l'aiguille magnétique; les effets disparaissaient quand cet axe était peu distant de la ligne d'inclinaison magnétique. Alors il est évident que le globe devient analogue à un plateau de cuivre. L'électricité d'une espèce peut être recueillie à l'équateur, et celle de l'autre aux pôles.

(168) Un courant dans le globe, tel qu'il vient d'être

décrit (161), quoiqu'il fasse marcher une aiguille dans le même sens de quelque côté que le globe soit par rapport à elle, devait la faire marcher dans des directions opposées suivant qu'elle est au-dessus ou au-dessous du globe; car dans ce cas l'aiguille est affectée dans une direction contraire par le courant. On vérifia cela en faisant tourner le globe sous l'aiguille magnétique, qui restait enfermée dans la cloche. Lorsque le globe tournait de l'est à l'ouest, le pôle marqué de l'aiguille, au lieu de marcher vers l'est, alla vers l'ouest; et quand la rotation se faisait de l'ouest à l'est, le pôle marqué dévia vers l'est.

(169) Les déviations de l'aiguille obtenues par le globe de cuivre sont exactement dans la même direction que celles que M. Barlow a produites par la rotation du fer. Par la manière dont le fer montre les phénomènes de l'induction magnéto-électrique, comme les autres métaux, et séparément de ses phénomènes magnétiques ordinaires (132), il est certain que des courans électriques ont été formés, et deviennent actifs dans ces expériences. Pour connaître quelle est la partie de cet effet qui est due à cette cause, il est nécessaire de faire de plus mûres recherches sur tous ces phénomènes.

(170) Ces résultats, et la loi générale déjà énoncée, donnèrent l'idée d'une expérience d'une extrême simplicité, qui, à l'essai, réussit parfaitement. L'exclusion de toutes les circonstances étrangères et de toute complication dans l'appareil, et le caractère distinctif des indications fournies, rendent cette expérience un abrégé de presque tous les faits de l'induction magnéto-électrique.

(171) Un fil de cuivre ordinaire de 8 pieds de long et d'un vingtième de pouce d'épaisseur fut attaché par un

out à une des extrémités du fil du galvanomètre, et ar l'autre bout à l'autre extrémité. Ensuite on lui donna a forme d'un rectangle dont la partie supérieure pouvait tre portée en avant et en arrière sur le galvanomètre, andis que la partie inférieure et le galvanomètre qui lui tait attaché restaient immobiles (fig. 30). En faisant asser ce fil sur le galvanomètre de droite à gauche, 'aiguille magnétique dévia immédiatement; et en faisant epasser le fil en sens inverse, l'aiguille marcha dans ne direction contraire. En répétant ces mouvemens du il d'accord avec les vibrations de l'aiguille (39), celle-ci oscilla bientôt dans un arc de 90°, et davantage.

(172) Le rapport entre le courant électrique produit lans le fil métallique et son mouvement peut être expliqué en supposant le fil arrangé comme un rectangle, avec son côté inférieur dans le plan du méridien magnétique, et une aiguille magnétique suspendue sur le milieu de ce côté et dirigée par la terre (fig. 30). En faisant passer la partie supérieure du rectangle de l'ouest à l'est dans la position représentée par la ligne ponctuée, le pôle marqué de l'aiguille magnétique dévia à l'ouest. Par conséquent le courant électrique marchait du nord au sud dans la partie du fil qui passait sous l'aiguille, et du sud au nord dans la partie supérieure (ou mobile) du parallélogramme. En faisant passer la partie supérieure du rectangle de l'est à l'ouest sur le galvanomètre, le pôle marqué de l'aiguille dévia à l'est; le courant électrique marchait donc à l'opposé du précédent.

(173) Lorsque le rectangle était disposé dans un plan allant de l'est à l'ouest, et que l'aiguille magnétique était amenée dans cette direction, soit par l'effet de la torsion, soit par l'action d'un aimant, les effets étaient

encore les mêmes. En faisant passer la partie supérieure du rectangle du nord au sud, le pôle marqué dévia au nord : il dévia au sud lorsque le fil passa dans la direction inverse. Le même effet arriva lorsque le mouvement du fil se fit dans un autre azimuth. La direction du courant suivit toujours la loi exprimée précédemment (114), et fut d'accord avec les directions obtenues au moyen du globe tournant (164).

(174) Dans ces expériences, il n'est pas nécessaire de changer de position le galvanomètre ou l'aiguille. Il suffit que le fil du rectangle soit tordu là où il quitte l'instrument, et plié de manière à laisser tourner dans la direction voulue la partie mobile supérieure.

(175) La partie mobile du fil fut ensuite placée *sous* le galvanomètre, mais de manière à couper comme précédemment la ligne d'inclinaison magnétique. Elle affecta l'aiguille dans la même direction : ainsi lorsqu'elle marcha de l'ouest à l'est sous l'instrument, l'extrémité marquée de l'aiguille dévia à l'ouest comme précédemment. Au reste, cela devait arriver ; car lorsque le fil coupe la ligne, qui représente la direction de l'aiguille d'inclinaison, dans une direction donnée, il s'y forme un courant électrique dans une direction également donnée.

(176) Soit, dans la figure 31, *dp* parallèle à la direction d'une aiguille d'inclinaison, et considérons *BA* comme la partie supérieure du rectangle (171), avec une une flèche *c* attachée à *BA*, de manière que ces deux lignes soient dans un plan perpendiculaire à *dp*. Alors si *BA*, avec la flèche qui lui est attachée, se meut autour de *dp* comme sur un axe et si le mouvement se fait dans la direction de la flèche, il y aura un courant d'électricité qui marchera de *B* vers *A*.

(177) Si la partie mobile du fil est portée parallèlement à *dp*, il n'y a pas d'effet sur le galvanomètre. Si la direction du mouvement est un peu inclinée à *dp*, l'électricité se manifeste : elle parvient à son maximum lorsque le mouvement est perpendiculaire à la direction de la résultante magnétique.

(178) Lorsque le fil est plié en d'autres formes, on observe dans son mouvement des effets également prononcés. Par exemple lorsqu'au lieu d'un simple rectangle on forma un double anneau de chaîne d'un seul côté du galvanomètre, et que chacune des deux moitiés était mue dans des directions opposées en même temps; leur action combinée affectait alors le galvanomètre; mais tous les résultats étaient réductibles à ceux déjà décrits.

(179) L'effet produit sur le galvanomètre croît avec la longueur du fil mobile et avec l'espace qu'il parcourt.

(180) La facilité avec laquelle les courans électriques se forment dans les métaux, lorsqu'ils se meuvent sous l'influence des aimans, prouve que désormais il faudra prendre des précautions dans les expériences des métaux et des courans pour se garantir de ces effets. En considérant l'universalité de l'influence magnétique de la terre, c'est une conséquence qui paraît bien extraordinaire à l'esprit, qu'on ne puisse mouvoir un morceau de métal en contact avec d'autres, sans produire des courans électriques. Il est probable que dans la disposition des machines à vapeur avec leur mécanisme métallique, il se forme des combinaisons accidentelles magnéto-électriques, qui produisent des effets qui n'ont jamais été observés, ou qui au moins n'ont pas été compris jusqu'à présent.

(181) En considérant les effets de l'induction ma-

gnéto-électrique terrestre, on ne saurait s'empêcher de croire que de semblables effets, mais infiniment plus puissans, doivent être produits par l'action de l'aimant du globe sur sa propre masse, en conséquence de la rotation diurne. Il semble que si une barre de métal est placée, dans nos latitudes, à la surface de la terre parallèlement au méridien magnétique, un courant électrique tendra à passer par cette barre du sud au nord, en conséquence de son mouvement de l'ouest à l'est (172), par la rotation terrestre. Et si une autre barre dans la même direction est réunie à celle-ci par des fils métalliques, elle ne pourra pas donner passage à son courant, car elle a une égale tendance à produire un égal courant dans la même direction. Mais si cette dernière barre se mouvait de l'est à l'ouest, ce qui est équivalent à une diminution du mouvement qui lui serait communiqué par la terre (172), alors le courant électrique du sud au nord serait rendu sensible dans la première barre, puisqu'il se déchargerait en même temps par le moyen de la seconde.

(182) Dans la supposition que la rotation de la terre tend, par l'induction magnéto-électrique, à produire des courans dans sa propre masse, ces courans, d'après la loi établie (114) et d'après les expériences, seraient (au moins à la surface) dirigés des parties qui approchent le plan de l'équateur, en sens contraire, vers les pôles. Et si on pouvait appliquer des collecteurs à l'équateur et aux pôles de la terre, comme on l'a fait pour le plateau tournant (150) et avec des aimans (220), alors on trouverait de l'électricité négative à l'équateur, et de l'électricité positive aux deux pôles (222). Mais sans les conducteurs, ou quelque chose d'équivalent, il est évident

que ces courans ne pourront pas exister, puisqu'ils ne pourront pas se décharger.

(183) Je ne crois pas impossible qu'il existe quelque différence naturelle entre les corps, relativement à l'intensité du courant produit par l'induction magnéto-électrique : si elle existe, on devrait pouvoir la reconnaître en les opposant les uns aux autres. MM. Arago, Babbage, Herschell et Harris, ont tous trouvé de grandes différences, non-seulement entre les métaux et les autres corps, mais encore entre les métaux eux-mêmes, dans la faculté d'entraîner l'aiguille magnétique ou d'être entraînés par elle, dans les expériences de la rotation (130). Je pris deux fils métalliques, chacun de vingt pieds de long, un de fer et l'autre de cuivre. Ils étaient réunis aux extrémités, ne se touchant que là, et tendus dans la direction du méridien magnétique de manière à former deux lignes parallèles et fort rapprochées. Le fil de cuivre fut divisé au milieu et examiné avec un galvanomètre délicat ; mais on ne découvrit aucune trace de courant électrique.

(184) Par l'obligeance de son altesse royale le président de la Société royale, j'obtins la permission du roi de faire des expériences dans le lac du jardin du palais de Kensington, pour comparer l'eau et les métaux. Le bassin du lac est artificiel ; l'eau est fournie par la compagnie de Chelsea, et elle ne reçoit aucune source. Elle présente ce que je demandais, c'est-à-dire, une masse uniforme d'eau pure et tranquille, dont les bords sont dirigés presque du nord au sud, et de l'est à l'ouest.

(185) On souda aux extrémités d'un fil de cuivre deux plaques de cuivre bien polies, de quatre pieds de sur-

face ; puis on les plongea dans l'eau (au nord et au sud l'une de l'autre), et on arrangea le fil qui les unissait sur le gazon des bords. Les plaques étaient éloignées, en ligne droite, de 480 pieds, et le fil était probablement de 600 pieds. Le fil fut ensuite divisé au milieu, et mis en communication au moyen de deux coupes de mercure, avec un galvanomètre délicat.

(186) On obtint d'abord des indications de courans électriques; mais lorsqu'elles furent examinées par l'inversion des contacts avec le galvanomètre et de diverses manières, on trouva qu'elles étaient dues à d'autres causes que celles cherchées. Une petite différence de température, une faible portion de nitrate du mercure qui avait servi à amalgamer les fils métalliques étaient suffisantes pour produire des courans électriques qui affectaient le galvanomètre, nonobstant qu'ils eussent traversé presque 500 pieds d'eau. Lorsqu'on pouvait se garantir de ces causes et d'autres semblables, on n'obtenait aucun effet. Et il paraît que même des substances aussi différentes que l'eau et le cuivre, lorsqu'elles coupent les couches magnétiques avec une égale vitesse, neutralisent parfaitement leur action réciproque.

(187) M. Fox de Falmouth a obtenu, relativement à l'électricité des veines métalliques dans les mines de Cornouailles, des résultats importans qui ont été publiés dans les Transactions philosophiques (1). J'ai examiné cet écrit pour m'assurer si quelques-uns de ces effets étaient probablement dus à l'induction magnéto-électrique; mais, quoique incapable de me former une opinion bien

(1) 1830, p. 399.

certaine, je crois que cela n'est pas. Lorsqu'on comparait les veines parallèles qui vont de l'est à l'ouest, la tendance générale de l'électricité dans les fils était du nord au sud. Lorsque la comparaison s'effectuait entre des parties situées à la surface et à une certaine profondeur, le courant électrique dans les fils marchait de haut en bas. S'il y avait quelque différence naturelle dans la force des courans produits par l'induction magnéto-électrique dans différentes substances, ou dans des substances diversement situées qui se meuvent avec la terre, et si cette différence pouvait être rendue évidente par l'augmentation des masses, alors les veines observées par M. Fox devaient, peut-être, agir comme pour décharger l'électricité des couches situées entre elles, et les directions des courans seraient celles que l'on a observées.

(188) Quoique l'électricité obtenue par l'induction magnéto-électrique dans un fil métallique de peu de longueur soit peu intense, et qu'elle n'ait été observée jusqu'à présent que dans les métaux, et dans le charbon dans un état particulier, cependant elle a la force de traverser l'eau salée (23); et comme l'augmentation de la longueur dans la substance soumise à l'induction produit une augmentation d'intensité, j'espérais obtenir des effets sensibles par une grande masse d'eau en mouvement, quoique l'eau tranquille n'en donne aucun. Je fis, en conséquence, des expériences au pont de Waterloo, en faisant passer sur le parapet du pont un fil de cuivre de 960 pieds de longueur, et faisant partir des extrémités de ce fil d'autres fils avec de grandes plaques de métal, plongées dans la rivière. Le fil et l'eau formaient un circuit conducteur, et comme l'eau montait et descendait

avec la marée, j'espérais obtenir des effets analogues à ceux du globe de cuivre (161).

(189) J'obtins constamment des déviations au galvanomètre; mais elles étaient fort irrégulières, et paraissaient dépendre d'autres causes que celles cherchées. La différente pureté de l'eau des deux côtés de la rivière, la différence de température, de légères différences dans les plateaux, dans la soudure, dans le contact opéré en tordant les fils ou autrement, produisent tous des effets. Et quoique j'observasse ensuite seulement sur l'eau qui passe sous les arches de milieu, que je fisse usage de plateaux de platine au lieu de cuivre, et que je prisse toutes les précautions imaginables, je ne pus pas, après trois jours, obtenir des résultats satisfaisans.

(190) En théorie, il semble que lorsque l'eau est en mouvement, il doive se former nécessairement des courans électriques. Maintenant si on imagine une ligne passant par mer de Douvres à Calais, et revenant par terre (sous la mer) de Calais à Douvres, elle forme un circuit de matière conductrice, dont une portion, lorsque l'eau monte ou descend dans le canal, coupe les courbes magnétiques de la terre, tandis que l'autre portion est relativement en repos. C'est une répétition de l'expérience du fil (171), mais avec de moins bons conducteurs. Il y a toute raison de croire que les courans électriques doivent suivre généralement la direction du circuit indiqué, dans un sens ou dans l'autre, selon que l'eau afflue ou reflue dans le canal. Lorsque l'extension latérale de l'eau en mouvement est énormément augmentée, il ne doit paraître improbable que l'effet puisse devenir sensible, et peut-être, le *gulf stream* (par les courans

électriques qui le traversent à cause de l'induction magnéto-électrique de la terre), exerce-t-il une influence appréciable sur la forme des lignes magnétiques dans son voisinage (1).

(191) Quoiqu'on n'ait pas encore obtenu des résultats bien constatés par l'action de la terre sur l'eau et les fluides aqueux, cependant comme ces expériences ont été fort limitées, et que ces fluides produisent les courans par des aimans artificiels (23) (car le transport du courant prouve qu'il peut être produit (213)), la supposition que la terre produit ce courant dans son sein (181) en conséquence de sa rotation diurne, est encore fort probable (222, 223); et en considérant que ces masses mobiles s'étendent des milliers de milles à travers les courbes magnétiques, et les coupent dans différentes directions, il est possible que l'électricité s'élève à une grande intensité.

(192) J'ose à peine hasarder, même dans la forme la plus hypothétique, de demander si l'aurore boréale et australe ne serait pas une décharge de l'électricité ainsi poussée vers les pôles de la terre, d'où elle s'efforce, par des moyens naturels et particuliers, de retourner au-dessus de la terre aux régions équatoriales. L'absence de ce phénomène dans les latitudes fort élevées n'est pas du tout contraire à une semblable supposition, et

---

(1) En théorie même, un vaisseau ou un bateau qui se meut à la surface de l'eau dans des latitudes septentrionales ou méridionales, doit contenir des courans qui marchent directement à angle droit de la ligne de son mouvement. De semblables courans doivent se former lorsque l'eau se meut autour d'un vaisseau à l'ancre.

ce qui est remarquable, c'est que M. Fox, qui a observé les déviations de l'aiguille aimantée à Falmouth pendant l'aurore boréale, indique un sens de mouvement de l'aiguille qui convient parfaitement à l'opinion qu'on vient d'énoncer. Il affirme que toutes les variations pendant la nuit avaient lieu vers l'est (1); ce qui devait arriver si les courans électriques marchaient dans la terre du sud au nord, dessous l'aiguille, ou du nord au sud dans l'espace au-dessus de cette dernière.

§ VI. *Observations générales et éclaircissemens sur la force et la direction de l'induction magnéto-électrique.*

(193) Dans la répétition et la variation de l'expérience de M. Arago, faite par MM. Babbage, Herschell et Harris, ces savans portèrent leur attention sur les différences de force observées entre les métaux et les autres substances dans leur action sur l'aimant. Ces différences furent trouvées être bien grandes (2), et me firent espérer que par des combinaisons mécaniques de différens métaux, on pourrait obtenir d'importans résultats (183). C'est pourquoi on a fait les expériences suivantes dans la vue d'obtenir, s'il était possible, une telle différence d'action de deux métaux.

(194) Un morceau de fil de fer doux (*bonnet-wire*), recouvert de coton, fut mis à nu et bien poli à l'une de ses extrémités que l'on unit par un contact métallique, avec le bout également poli d'un fil de cuivre. On en-

---

(1) *Transactions philosophiques*, 1831, p. 202.

(2) *Transactions philosophiques*, 1825, p. 472; 1831, p. 78.

tortilla les deux fils ensemble sur dix-huit ou vingt pouces de long, et en les écartant ensuite, on les joignit aux extrémités avec les fils du galvanomètre. Le fil de fer avait environ deux pieds de long, le reste du fil jusqu'au galvanomètre était de cuivre.

(195) Le bout de corde de cuivre et de fer ainsi tortillé (ces métaux ne se touchant plus l'un l'autre qu'à l'extrémité) fut ensuite passé entre les pôles d'un puissant aimant, arrangé en fer de cheval (fig. 32); le galvanomètre ne signala pas le moindre effet, quoique l'appareil semblât propre à signaler une différence électrique quelconque entre les deux métaux, relative à l'action de l'aimant.

(196) On couvrit de papier un cylindre de fer doux vers le milieu, et on roula autour, comme une hélice, la partie entortillée du fil composé dont nous venons de parler, la jonction au galvanomètre étant encore faite par les extrémités A et B. On mit ensuite le cylindre de fer en contact avec les pôles d'un puissant aimant capable de soulever un poids de trente livres; aucun indice d'électricité ne parut encore au galvanomètre. De quelque précaution qu'on fît usage en opérant et interrompant le contact pour obtenir quelque effet, il fut impossible de remarquer la moindre indication de courans.

(197) On expérimenta alternativement de la même manière avec du cuivre et de l'étain, du cuivre et du zinc, de l'étain et du zinc, de l'étain et du fer, du zinc et du fer (194), mais on n'obtint pas même le plus léger indice de courans électriques.

(198) Deux spirales plates, l'une de cuivre et l'autre de fer, contenant chacune dix-huit pouces de fil, furent

jointes ensemble et avec le galvanomètre, et placées l'une vis-à-vis de l'autre de manière à se trouver dans des directions contraires. On les approcha ensuite du pôle magnétique (53), mais on ne remarqua aucune indication électrique au galvanomètre. Lorsqu'on en retourna une tellement que toutes deux se trouvassent dans la même direction, l'effet au galvanomètre fut très puissant.

(199) L'hélice composée de fil de cuivre et de fer, dont on a fait la description au commencement (8), fut arrangée comme une double hélice; l'une des moitiés, toute de fer, contenait deux cent quatorze pieds de fil; l'autre, toute de cuivre, en contenait deux cent huit pieds. On joignit ensemble les deux bouts analogues AA des hélices de cuivre et de fer, et les autres extrémités BB de chaque hélice furent attachées au galvanomètre; de cette manière, en introduisant un aimant dans l'axe du système, les courans par induction dans le fer et dans le cuivre tendaient à marcher en sens contraire. Cependant lorsqu'on introduisit un aimant ou une barre de fer doux, devenue un aimant par le contact avec les pôles, on ne remarqua aucun effet sur l'aiguille.

(200) Un tube de verre, de quatorze pouces de long, fut rempli d'acide sulfurique concentré. On replia douze pouces de l'extrémité d'un fil de cuivre bien poli, et on les introduisit dans le tube de manière à obtenir un bon contact de surfaces avec l'acide, faisant passer le reste du fil le long de l'extérieur du tube jusqu'au galvanomètre. Un fil également replié à son extrémité fut plongé à l'autre extrémité du tube dans l'acide sulfurique, et aussi joint au galvanomètre, de manière que dans cette expérience l'acide et le fil de cuivre se trouvaient avoir

a même situation réciproque, que le fer et le cuivre lans l'expérience précédente (194). On passa de la même manière cet appareil entre les pôles de l'aimant, mais on ne put remarquer le moindre effet au galvanomètre.

(201) D'après ces expériences, il paraît que lorsque les métaux de différente espèce, joints dans un circuit, sont également soumis toutes choses pareilles, à l'induction magnéto-électrique, ils présentent exactement les mêmes propriétés par rapport aux courans qui sont formés en eux ou qui tendent à s'y former. Il semble en être de même par rapport aux fluides et à toutes les autres substances probablement.

(202) Il semblait encore impossible que ces résultats pussent indiquer la puissance relative d'induction de l'aimant sur les différens métaux; car on regardait comme une conséquence nécessaire (139) que l'effet eût quelque relation avec le pouvoir conducteur, et l'on avait en effet trouvé que l'influence des plateaux mobiles sur les aimans a un rapport général avec le pouvoir conducteur de la substance dont on fait usage.

(203) Dans les expériences de rotation (81), le courant électrique est excité et déchargé dans la même substance, quelle que soit la puissance conductrice dont elle est douée; mais dans les expériences dont nous venons de parler, le courant excité dans le fer ne pouvait être transmis que par le cuivre, et le courant excité dans le cuivre ne pouvait passer que par le fer, c'est-à-dire qu'en supposant que des courans de force inégale soient formés dans les métaux proportionnellement à leur puissance conductrice, le courant le plus fort passerait

par le plus mauvais conducteur, et le plus faible courant passerait par le conducteur le plus actif.

(204) C'est pourquoi on fit des expériences dans lesquelles on passa entre les pôles de l'aimant plusieurs métaux isolés l'un de l'autre, ayant leurs extrémités opposées jointes avec le même bout du fil du galvanomètre, de sorte que les courans qui se formaient et allaient au galvanomètre étaient opposés l'un à l'autre. On employa des longueurs considérables de différens fils métalliques, mais on n'obtint que de faibles déviations.

(205) A l'effet d'obtenir des résultats entièrement satisfaisans, on construisit un nouveau galvanomètre composé de deux parties indépendantes, et contenant dix-huit pieds de fil de cuivre couvert de soie. Ces deux moitiés étaient précisément semblables en figure et en nombre de tours, et elles étaient fixées l'une à côté de l'autre avec un petit intervalle entre elles, dans lequel on pouvait suspendre une double aiguille par un fil de soie, exactement comme dans le premier appareil (87). On désignera ces parties par les deux lettres K, L; lorsque les courans électriques étaient introduits dans les deux moitiés avec la même direction, ils agissaient sur l'aiguille avec la somme de leurs puissances; lorsqu'ils y étaient introduits en direction contraire, ils agissaient avec la différence de leurs intensités.

(206) On joignit alors l'hélice composée (199, 8), savoir, les extrémités A et B du fer avec les bouts A et B de la partie K du galvanomètre, et les extrémités A et B du cuivre avec les bouts B et A de l'autre système L, de sorte que les courans excités dans les deux hélices devaient marcher en direction opposée en traversant les

parties K et L. En introduisant dans les hélices un petit aimant cylindrique, l'aiguille du galvanomètre subit une forte déviation. On détacha la spirale de fer, et l'aimant produisit par la spirale de cuivre seule une déviation encore plus forte dans la même direction. En attachant de nouveau la spirale de fer, et en détachant la spirale de cuivre, l'aimant produisit une déviation médiocre en direction contraire. Il fut ainsi évident que le courant électrique excité par un aimant dans un fil de cuivre, était bien plus puissant que le courant excité par le même aimant dans un fil de fer semblable.

(207) Pour éviter toute méprise qui aurait pu dériver ou de la plus grande influence ou de la proximité (ou d'autres circonstances) d'une moitié du galvanomètre plutôt que de l'autre sur l'aiguille, on prit soin de changer les extrémités du fer et du cuivre par rapport aux cordons K L, de manière que celui qui une fois transmettait le courant du cuivre le recevait, une autre fois, du fer, et *vice versâ*. Cependant on remarqua tout comme auparavant la même puissante supériorité du cuivre. On prit cette précaution dans toutes les expériences avec d'autres métaux, que nous allons rapporter.

(208) Je me procurai des fils de fer, de zinc, de cuivre, d'étain et de plomb, tirés au même diamètre (d'un vingtième de pouce à peu près) ayant chacun la même longueur exactement, savoir seize pieds, et je les comparai deux à deux, de la manière suivante : les extrémités du fil de cuivre furent jointes avec les bouts A et B du cordon K du galvanomètre, et les extrémités du fil de zinc furent jointes aux extrémités A et B de L du galvanomètre. Le milieu de chaque fil fut enroulé six

fois autour d'un cylindre de fer doux couvert de papier, suffisamment long pour joindre les pôles de l'aimant en fer à cheval de M. Daniell (56) (fig. 33); les deux hélices de cuivre et de zinc, de six tours chacune, entouraient ainsi la barre à deux points équidistans l'un de l'autre et des pôles de l'aimant; mais par la manière dont on les avait exprès arrangées, elles se trouvaient en direction contraire et transmettaient conséquemment des courans contraires aux cordons K et L du galvanomètre.

(209) En opérant et interrompant le contact entre la barre de fer doux et les pôles de l'aimant, le galvanomètre se montrait puissamment affecté; si on détachait le zinc, les indications du galvanomètre étaient encore plus fortes, sans changer de direction. En prenant toutes les précautions dont on a parlé tantôt (207) et d'autres encore, il demeura prouvé incontestablement que le courant excité par l'aimant dans le cuivre était beaucoup plus puissant que le courant excité dans le zinc.

(210) De la même manière, on compara le cuivre avec l'étain, le plomb et le fer, et il les surpassa tous, même plus qu'il ne surpassait le zinc. On essaya le zinc en rapport avec l'étain, le plomb et le fer, et on trouva qu'il produisait un courant plus fort que chacun d'eux. On trouva également le fer plus puissant que l'étain et le plomb, et ce dernier inférieur à l'étain.

(211) Ainsi voilà comme on peut ranger les métaux soumis à l'expérience : le cuivre, le zinc, le fer, l'étain et le plomb. C'est précisément l'ordre qui leur convient par rapport à leur pouvoir conducteur de l'électricité; et, à l'exception du fer, c'est l'ordre présenté par les expériences de rotation magnétique de MM. Babbage,

lerschell, Harris, etc. Le fer jouit d'une puissance additionnelle dans ces dernières expériences, à cause de es propriétés magnétiques ordinaires; aussi dans de elles expériences, on ne peut pas s'assurer de la place qui lui convient relativement à l'action magnéto-électrique de la nature dont il est question maintenant : mais on peut exactement s'en assurer de la manière que nous venons d'exposer (1).

(212) Il est encore bon d'observer que dans ces expériences on n'obtient pas complètement les rapports entre les différens métaux; car de trente-quatre pieds de fil métallique, contenus dans chaque circuit, il y en a dix-huit de cuivre dans tous les deux, formant le fil des cordons du galvanomètre; et comme le circuit entier influe sur la force résultante du courant, cette circonstance doit tendre à diminuer la différence qui se manifesterait entre les métaux, si les circuits étaient de la même substance partout. Dans le cas dont il s'agit, la différence remarquée n'est probablement que la moitié de celle qu'on aurait obtenue si chaque circuit eût été entièrement d'un seul métal.

(213) Ces résultats tendent à établir que les courans produits dans les corps par l'induction magnéto-élec-

---

(1) M. Christie qui, ayant été nommé rapporteur de cet écrit, eut occasion de l'avoir entre ses mains avant qu'il fût complété, sentit la difficulté énoncée au § 202. Pour satisfaire son esprit, il fit des expériences sur le fer et le cuivre avec le grand aimant (44), et il parvint aux mêmes résultats que moi. Nos deux séries d'expériences ont été absolument indépendantes l'une de l'autre, aucun de nous n'ayant pu prévoir les procédés qui seraient employés par l'autre.

trique sont proportionnels à leur faculté conductrice. Qu'ils soient *exactement* dans ce rapport, et entièrement dépendans de la puissance conductrice, c'est ce qui est prouvé, je pense, par la neutralité parfaite remarquée lorsque deux métaux ou autres substances, tels que des acides, de l'eau, etc., etc. (201, 186), sont opposés l'un à l'autre dans leur action. Le faible courant qui tend à se former dans le plus mauvais conducteur, trouve sa transmission favorisée dans le meilleur conducteur, et le courant le plus fort qui tend à se former dans ce dernier subit une diminution dans son intensité par la résistance du premier conducteur, et les forces de production et de résistance se balancent si parfaitement qu'elles se neutralisent l'une l'autre d'une manière exacte. Or, comme la résistance est dans un rapport inverse avec le pouvoir conducteur, la tendance à produire un courant doit être dans un rapport direct avec ce pouvoir pour produire l'équilibre parfait.

(214) On trouve maintenant évidente et simple la cause de l'égalité d'action dans les diverses circonstances décrites, où de grandes quantités de fil (183) ou de fil et d'eau (184) étaient jointes ensemble, bien que chaque substance produisît de si différens effets sur l'aimant.

(215) Les effets d'une substance en rotation sur une aiguille ou un aimant, devraient être, lorsque le magnétisme ordinaire n'a aucune influence, dans un rapport direct avec le pouvoir conducteur d'une telle substance; et je hasarde ici d'avancer qu'on trouvera que la chose est ainsi; et que dans toutes ces expériences où des corps non conducteurs ont été supposés présenter l'influence particulière dont il s'agit, le mouvement

était dû à quelque cause étrangère, du genre ordinaire, telle que la communication mécanique du mouvement dans les parties de la préparation, ou autre cause quelconque, comme l'a montré M. Harris dans le cas en question (1), ou bien aux attractions magnétiques ordinaires. Pour ne pas confondre les effets de telles causes avec ceux des courans électriques d'induction, j'ai réussi à imaginer une expérience plus sûre dont je vais bientôt donner la description (243).

(216) Il y a toute raison de croire que l'aimant ou l'aiguille magnétique peut être un excellent moyen de mesure du pouvoir conducteur des substances qu'on met en rotation près de lui; car j'ai reconnu dans une expérience soigneusement faite, qu'en faisant passer un courant constant d'électricité, successivement par une série de fils de cuivre, de platine, de zinc, d'argent, de plomb et d'étain, tous d'un même diamètre, la déviation de l'aiguille était toujours exactement la même. Il est nécessaire de rappeler que lorsque des corps subissent l'état de rotation dans un plan horizontal, ils sont influencés par le magnétisme terrestre. Comme un semblable effet agit en général sur tout le plateau, il n'apporte dans ce cas aucun inconvénient; mais il y a des expériences et des calculs où il peut être d'une conséquence importante.

(217) J'ai essayé de résoudre une autre question : savoir s'il est essentiel ou non qu'en coupant les courbes magnétiques, la partie mobile du fil passe par les points de la plus grande ou de la moindre force magnétique,

---

(1) *Transactions philosophiques*, 1831, p. 68.

ou si, en coupant toujours des courbes d'une égale intensité magnétique, il suffit du simple mouvement pour produire le courant. La vérité de ce dernier énoncé a été prouvée déjà par plusieurs expériences sur l'induction terrestre magnéto-électrique. Ainsi l'électricité dégagée du plateau de cuivre (149), les courans produits dans le globe rotateur (161, etc.), et les courans transmis dans le fil mobile (171), étaient tous produits dans des circonstances où la force magnétique ne pouvait être que la même tant que durait l'expérience.

(218) Pour établir ce même point avec le seul magnétisme ordinaire, un disque de cuivre fut fixé à l'extrémité d'un aimant cylindrique, avec du papier interposé; l'aimant et le disque furent mis en rotation ensemble, et des collecteurs (attachés au galvanomètre) furent mis en contact avec la circonférence et la partie centrale du plateau de cuivre. L'aiguille du galvanomètre se mouvait comme dans les premiers cas, et la *direction* du mouvement était la *même* que celle qu'on aurait obtenue si on n'eût fait tourner que le cuivre en tenant l'aiguille stationnaire; il n'y eut même pas de différence apparente dans la quantité de déviation. Ce qui prouve que la rotation de l'aimant ne produit aucune différence dans les résultats; car un aimant tournant ou stationnaire produit le même effet sur le cuivre mouvant.

(219) On mit ensuite sur l'aimant un cylindre de cuivre fermé à une extrémité, et tellement qu'il en recouvrait la moitié comme un chapeau; il était solidement fixé, et par du papier interposé on avait prévenu tout contact entre lui et l'aimant en quelque point que ce

fût. On plongea cette préparation dans une étroite carafe de mercure, de manière que le bord inférieur du cylindre de cuivre touchât le fluide métallique; l'un des fils du galvanomètre trempait dans le mercure, et l'autre dans une petite cavité au centre de l'extrémité du chapeau de cuivre. On mit en rotation l'aimant et le cylindre qui en dépendait; il y eut alors une abondante transmission d'électricité à travers le galvanomètre et dans la même direction que si le cylindre eût tourné seul, et que l'aimant fût demeuré en repos. Les résultats étaient donc les mêmes que ceux obtenus avec le disque (218).

(220) Il semblait, comme une conséquence nécessaire, que le métal de l'aimant pût être substitué au cylindre mouvant, au disque ou au fil, et qu'on dût ainsi obtenir encore les effets de l'induction magnéto-électrique d'une manière puissante. On fit donc dans le centre de chaque extrémité d'un aimant cylindrique un petit trou suffisant pour recevoir une goutte de mercure, et on plongea le cylindre (avec le pôle en haut) dans le même métal contenu dans une étroite carafe. Un fil du galvanomètre plongeait dans le mercure de la carafe, et l'autre dans la goutte contenue dans le trou à l'extrémité supérieure de l'axe. Ensuite on fit tourner l'aimant par un cordon qu'on avait passé autour de lui, et l'aiguille du galvanomètre indiqua immédiatement un courant énergique d'électricité. En renversant le sens de rotation, le courant électrique était également renversé. La direction de sa marche était la même que si on eût fait tourner autour de l'aimant stationnaire le cylindre de cuivre (219), ou un fil de cuivre, dans la même direction que l'aimant avait

suivie. On reconnut ainsi jusqu'à l'évidence une singulière indépendance entre le magnétisme et la barre où il réside.

(221) Dans l'expérience dont nous venons de parler, le mercure remontait jusqu'à la moitié de l'aimant; mais lorsque sa quantité était augmentée jusqu'à un huitième de pouce de la sommité, ou qu'elle était également diminuée jusque près la base, on obtenait encore les mêmes effets et la *même direction* du courant électrique. Cependant dans ces proportions extrêmes les effets ne paraissaient pas si énergiques que lorsque la surface du mercure atteignait le milieu de l'aimant, ou se trouvait entre ce milieu et un pouce de l'une ou de l'autre extrémité. La longueur de l'aimant était de huit pouces et demi sur un diamètre de trois quarts de pouce.

(222) En renversant l'aimant et en faisant la rotation dans la même direction, c'est-à-dire toujours dans le sens du mouvement d'une vis, ou toujours dans le sens contraire, on obtint un courant contraire d'électricité. Mais en continuant le mouvement de l'aimant dans une direction constante par rapport à son *propre axe*, on obtenait une électricité de même nature aux deux pôles, et une électricité contraire soit à l'équateur, soit dans le voisinage et les conducteurs aboutissans. En tenant l'aimant parallèle à l'axe de la terre, avec son pôle *non marqué* tourné du côté de l'étoile polaire, et en le mettant en rotation de manière que ses parties supérieures passassent de l'ouest à l'est conformément au mouvement de la terre, on obtenait aux extrémités de l'aimant une électricité positive et une électricité négative au centre de sa masse ou dans ses environs.

(223) Lorsque le galvanomètre était fort sensible, le simple mouvement de l'aimant dans l'air, pendant que l'un des fils du galvanomètre touchait les extrémités de l'aimant, et l'autre les parties équatoriales, suffisait pour dégager un courant d'électricité et produire une déviation dans l'aiguille.

(224) On fit des expériences avec un semblable aimant à l'effet de vérifier s'il n'y aurait pas quelque courant électrique en retour aux parties centrales ou de l'axe, douées d'une même vitesse angulaire que les autres parties (259) : on avait l'opinion qu'il ne pût pas y en avoir.

(225) A une extrémité d'un aimant cylindrique long de sept pouces et de trois quarts de pouce en diamètre, on creusa un trou dans la direction de son axe à la profondeur de trois pouces et d'un quart de pouce en diamètre. Un cylindre de cuivre, entouré de papier et amalgamé aux deux extrémités, fut fixé dans le trou, de manière que sa base fût en contact métallique avec le milieu de l'aimant par un peu de mercure; il était isolé aux côtés par le papier, et il surmontait l'extrémité de l'acier d'un quart de pouce environ. On fixa sur la verge de cuivre, qui touchait au papier, un tuyau de plume formant un godet pour recevoir le mercure nécessaire au complément du contact. On éleva en outre autour de l'extrémité de l'aimant un gros rebord de papier, et on y versa du mercure, qui n'avait pourtant aucune connexion métallique avec le mercure contenu dans la plume, excepté par l'aimant même et la verge de cuivre (34e fig.). Les fils *A* et *B* du galvanomètre trempaient dans ces deux portions de mercure; tous les courans qui les traversaient ne pouvaient donc que

descendre par l'aimant vers les parties équatoriales, et monter ensuite par la verge de cuivre, ou *vice versâ*.

(226) Lorsque l'appareil fut arrangé de cette manière, et mis en rotation comme une vis, le bout marqué de l'aiguille du galvanomètre tourna vers l'ouest; ce qui indiquait dans l'instrument un courant de *A* à *B*, et conséquemment de *B* à *A* dans l'aimant et la verge de cuivre (34e fig.).

(227) On mit ensuite, comme auparavant (219), l'aimant dans une carafe de mercure (35e fig.); le fil *A* demeurait en contact avec l'axe du cuivre, mais le fil *B* trempait dans le mercure de la carafe, et conséquemment se trouvait en communication métallique avec les parties équatoriales de l'aimant, et non plus avec son extrémité polaire. En faisant tourner l'aimant à la manière d'une vis, l'aiguille du galvanomètre subissait une déviation dans la même direction qu'auparavant, mais bien plus puissamment. Il est toutefois évident que les parties de l'aimant depuis l'équateur au pôle se trouvaient hors du circuit électrique.

(228) Ensuite le fil *A* fut joint avec le mercure à l'extrémité de l'aimant, laissant encore le fil *B* en contact avec le mercure de la carafe (36e fig.); l'axe du cuivre se trouvait ainsi entièrement hors du circuit. On fit de nouveau tourner l'aimant à la façon d'une vis, et l'aiguille subit de nouveau la même déviation; car le courant était aussi fort que dans la dernière expérience, et beaucoup plus fort que dans la première (226).

(229) Il est donc évident qu'il n'y a pas de décharge du courant au centre de l'aimant; car le courant, librement dégagé maintenant, montait à travers l'aimant,

tandis que dans la première expérience (226) il descendait. Effectivement il n'y avait alors d'agissant que la partie du métal mobile semblable à un petit disque qui s'étendait de l'extrémité du fil *B* trempant dans le mercure au fil *A*; car cette seule partie se mouvait avec une vitesse angulaire différente du reste du circuit (258); et quant à cette portion, la direction du courant est conforme aux autres résultats.

(230) Dans les deux expériences suivantes les parties *latérales* de l'aimant ou de la verge de cuivre sont celles qui se meuvent relativement aux autres parties du circuit, c'est-à-dire, les fils du galvanomètre; et étant plus loin de l'axe, coupant plus de courbes, ou se mouvant avec plus de vitesse, elles produisent un plus grand effet. Quant aux différentes sections circulaires, la direction du courant électrique excité est partout la même, nommément de la circonférence au centre.

(231) Ainsi rendue plus précise et mieux définie (217, 220, 224) la loi suivant laquelle le courant électrique produit par influence dans les corps qui se meuvent par rapport aux aimans, dépend de l'intersection des courbes magnétiques par le métal (114), semble maintenant être aussi applicable à la cause énoncée dans la première section du mémoire précédent; et, par l'explication complète qu'elle donne des effets produits, ôter toute raison de supposer cette condition particulière que je hasardai d'appeler l'état *électro-tonique* (60).

(232) Lorsqu'un courant électrique traverse un fil, ce fil est entouré de toute part par des courbes magnétiques qui diminuent d'intensité à mesure qu'elles s'éloignent du fil, et qu'on peut se figurer comme des an-

neaux rangés en différens plans perpendiculaires au fil, ou plutôt au courant électrique qui le traverse. Ces courbes, bien que différentes de forme, sont parfaitement analogues à celles qui existent entre deux pôles magnétiques contraires, opposés l'un à l'autre; et lorsqu'un second fil parallèle à celui qui transmet le courant est approché de ce même fil (18), il traverse des courbes magnétiques qui sont exactement de la même nature que celles qu'il traverserait, s'il était introduit entre les pôles magnétiques opposés (109); et lorsqu'il est éloigné du fil excitateur, il coupe les courbes qui l'environnent de la même manière qu'il couperait les courbes situées entre les mêmes pôles s'il était mu dans une direction contraire à la précédente.

(233) Si le fil *NP* (40e fig.) était traversé par un courant électrique dans la direction de *P* à *N*, si l'anneau ponctué représentait une courbe magnétique environnant le fil, et telle que de petites aiguilles magnétiques prissent librement la direction de ses tangentes, elles se trouveraient disposées comme on le voit dans la figure, *n* et *s* indiquant les extrémités nord et sud (44, note).

(234) Mais si le courant d'électricité était interrompu pour quelque temps, et si l'on se servait des pôles magnétiques pour diriger les aiguilles et leur faire prendre la même position qu'elles avaient sous l'influence du courant, les pôles devraient être comme dans la fig. 41; les pôles *marqué* et *non marqué a b* au-dessus du fil étant en direction opposée aux pôles *a′ b′* placés au-dessous. Dans une semblable position les courbes magnétiques entre les pôles *a b* et *a′ b′* auraient une même direction générale que les parties analogues des anneaux des

courbes magnétiques dont était entouré le fil *NP* transmettant un courant électrique.

(235) Si l'on approche maintenant le second fil *pn* (fig. 40) vers le fil principal transmettant un courant, il coupera une infinité de courbes magnétiques dans une même direction que celle qui est figurée, et par conséquent dans une même direction que les courbes entre les pôles *a b* des aimans (41e fig.), et il coupera ces courbes provenant du courant de la même manière qu'il couperait les courbes produites par l'aimant, s'il passait de haut en bas entre les pôles. Or ces intersections successives devraient exciter, avec les aimans, un courant électrique dans le fil de *p* à *n* (114); et par conséquent comme les courbes ont la même disposition, le même effet doit résulter de l'intersection des courbes magnétiques environnant le courant du fil *NP*; ce qui arrive véritablement, car si on approche le fil *np*, le courant qui s'y développe est en direction opposée au courant principal (19).

(236) Si le fil *p'n'* est mu de bas en haut, il passera dans la direction opposée entre les pôles magnétiques; mais les pôles magnétiques eux-mêmes seront renversés (41e fig.), et par conséquent le courant excité sera encore dans la même direction qu'auparavant. Il le sera de même par des raisons également suffisantes et évidentes, lorsqu'il est produit par l'influence des courbes provenant du fil *NP*.

(237) Si on tient le second fil en repos près du fil principal, il n'est traversé par aucun courant d'induction, car il ne traverse aucune courbe magnétique; mais s'il est éloigné du fil principal, il coupe les courbes dans

une direction contraire à celle qui avait lieu auparavant (235), et un courant est excité dans une direction opposée, semblable par conséquent à la direction du courant principal (19). Il arriverait le même effet si on renversait la direction du mouvement du fil en le faisant passer entre les pôles (41e fig.), car il couperait les courbes qui les entourent dans un sens contraire à celui qui avait lieu d'abord.

(238) Dans les premières expériences (10, 13), le fil excitateur et le fil soumis à son influence étaient disposés à une distance donnée l'un de l'autre, et un courant électrique était alors introduit dans le premier. En pareil cas, les courbes magnétiques doivent être considérées comme si elles se mouvaient (si je puis ainsi m'exprimer) à travers le fil soumis à l'induction, dès le moment qu'elles commencent à se développer, jusqu'à ce que la force magnétique du courant soit arrivée à son plus haut degré; marchant comme si elles s'éloignaient du fil extérieur et étant par conséquent dans le même rapport avec le fil soumis à l'induction que s'il se mouvait dans une direction opposée à travers les courbes ou vers le fil qui transmet le courant. En pareil cas, le premier courant excité était conséquemment dans une direction contraire à celle du courant principal (17, 235). En interrompant le contact de la batterie, les courbes magnétiques (qui ne sont qu'une manière d'exprimer l'arrangement des forces magnétiques) peuvent être considérées comme se resserrant et retournant du côté du courant électrique qui cesse; elles se meuvent donc dans une direction opposée à travers le fil, et produisent un courant d'induction contraire au premier.

(239) Lorsque, dans les expériences avec les aimans ordinaires, on aimantait un barreau près des fils, au lieu de le faire mouvoir tout aimanté (27, 36), c'était comme s'il y avait eu un développement progressif analogue des courbes magnétiques, produisant les mêmes effets qui auraient eu lieu par le mouvement des fils dans une certaine direction ; la destruction de la puissance magnétique correspond au mouvement du fil dans une direction opposée.

(240) Si, au lieu de couper les courbes magnétiques d'un fil droit conduisant un courant, par un second fil qu'on approche ou qu'on éloigne (235), on fait usage d'un plateau rotateur placé à cet effet près du premier fil, et coupant, comme faisait le plateau, les courbes magnétiques, alors il y aura dans le plateau induction de courans électriques continus ; et si une ligne joignant le fil avec le centre du plateau est perpendiculaire à tous les deux, le courant excité traversera, suivant la loi (114), le plateau directement d'un bord à l'autre et à angle droit avec la direction du courant dans le fil excitateur.

(241) On fit passer un courant électrique dans un simple fil métallique d'un vingtième de pouce en diamètre, et on mit en rotation, près de lui et en dessous, un petit disque de cuivre d'un pouce et demi en diamètre, de manière pourtant qu'il ne fût pas en contact avec le fil (39e fig.). On appliqua ensuite aux bords opposés du disque les collecteurs et on en attacha les fils au galvanomètre. Lorsque le disque tournait dans une direction, l'aiguille subissait une déviation d'un côté ; et lorsqu'on renversait la direction de la rotation,

l'aiguille tournait de l'autre côté, ce qui s'accorde avec les résultats déjà énoncés.

(242) De cette manière tombaient les raisons qui m'avaient fait supposer dans le fil un état particulier (60); et quoiqu'il me semble encore peu vraisemblable qu'un fil en repos puisse être complètement indifférent à un fil dont il se trouve très-voisin et qui est traversé par un puissant courant électrique, je n'ai pas non plus de *faits* bien décidés qui me permettent d'affirmer que le fil isolé se trouve dans un état particulier.

(243) En considérant la nature de la cause assignée dans cet écrit à l'influence réciproque des aimans et des métaux mobiles (120), et en la comparant avec la cause admise auparavant, savoir, l'induction d'un faible magnétisme semblable à celui qui est produit dans le fer, je pensai qu'on pourrait soumettre à une épreuve expérimentale plus décisive les deux opinions (215).

(244) On ne connaît aucune force qui ait la même direction que celle excitée entre un courant électrique et un pôle magnétique; celle-ci est tangentielle, tandis que toutes les autres forces qui agissent à distance sont directes. Par conséquent, si un pôle magnétique, qui se trouve d'un côté d'un plateau mobile, en suit la rotation à cause de la loi qui le soumet à la force tangentielle exercée sur lui par le courant d'électricité qu'il a lui-même produit, un semblable pôle, se trouvant du côté opposé du plateau, devra immédiatement dégager le premier d'une telle force; car les courans qui tendent à être formés par l'action des deux pôles, sont en direction opposée, ou plutôt il n'y a point de tendance à la formation d'aucun courant, ou il n'y a aucune intersection

de courbes magnétiques (114); l'aimant devra donc demeurer stationnaire. Si, au contraire, l'action d'un pôle nord magnétique produisait une polarité australe dans la plus proche partie du plateau de cuivre, et une polarité boréale diffuse ailleurs (82), ce qui arrive effectivement avec le fer; dans ce cas, l'emploi d'un autre pôle nord au côté opposé de la partie du plateau en question devrait redoubler l'effet au lieu de le détruire, et redoubler la tendance du premier aimant à se mouvoir avec le plateau.

(245) Un plateau épais de cuivre (85) fut donc fixé sur un axe vertical; on suspendit une barre aimantée par des fils de soie plate, de manière que son pôle marqué se trouvât vis-à-vis et au-dessus du bord; on interposa une feuille de papier, et on mit le plateau en rotation; le pôle magnétique obéit immédiatement à ce mouvement, et fut entraîné dans la même direction. Un second aimant d'égale force et grandeur fut alors lié au premier, de sorte que son pôle marqué se trouvât *au-dessous* du bord du plateau de cuivre dans une position analogue à l'aimant de dessus et à une égale distance (37e fig.). On interposa le papier tout comme auparavant; on mit le plateau en rotation, et les pôles se montrèrent complètement indifférens à son mouvement, quoique l'un et l'autre isolément en eussent suivi le cours.

(246) En tournant l'un des aimans de manière que les pôles *opposés* correspondissent au même bord du plateau, l'action réciproque des pôles et du métal mobile parvint à son maximum.

(247) En suspendant l'un des aimans de manière que son axe fût au niveau du plateau quel que fut le pôle

voisin du bord, la révolution du plateau ne produisit aucun mouvement dans l'aimant. Les courans électriques par induction tendaient maintenant à être produits dans une direction verticale à travers l'épaisseur du plateau, mais ils ne pouvaient pas se décharger, du moins ils ne le pouvaient qu'à un si faible degré que tous les effets étaient insensibles; l'influence magnétique ordinaire, ou celle d'un plateau de fer, aurait été, dans une telle position, également développée, si ce n'est plus puissamment encore (251).

(248) Maintenant, par rapport à la production de l'électricité dans ces cas : — Toutes les fois que l'on communiquait le mouvement aux aimans par la rotation du plateau, il y avait des courans; dès que ce mouvement n'était plus communiqué, les courans cessaient. Le pôle marqué d'une large barre aimantée fut mis sous le bord du plateau; on appliqua les collecteurs (86) à l'axe et au bord du plateau comme auparavant (38e fig.), et on les attacha au galvanomètre; on mit le plateau en rotation, et une abondante électricité fut transmise à l'instrument. Le pôle non marqué d'un semblable aimant fut ensuite placé au-dessus du premier pôle marqué, et de cette manière deux pôles contraires se trouvèrent vis-à-vis du bord, l'un au-dessus et l'autre au-dessous; on mit en rotation le plateau, et l'électricité dégagée fut aussi puissante qu'auparavant. Ensuite on retourna le dernier aimant; deux pôles marqués se trouvèrent alors en présence aux faces opposées du plateau, l'un en haut et l'autre en bas; on mit le plateau en rotation, et on eut peine à obtenir quelques traces d'électricité. On proportionna la distance des pôles à leur force relative; ils

parvinrent si parfaitement à neutraliser l'action inductive l'un de l'autre, sur le plateau, que, malgré la rotation la plus rapide, on ne put pas obtenir le moindre développement d'électricité.

(249) Je passai alors à comparer l'effet des pôles semblables et dissemblables sur le fer et le cuivre, et j'adoptai à cet effet la forme très-utile de l'expérience de M. Arago employée par M. Sturgeon. Celle-ci consiste dans un plateau circulaire de métal, soutenu dans un plan vertical par un axe horizontal, et chargé tant soit peu d'un côté, ou rendu excentrique de manière à osciller comme un pendule. Les pôles des aimans sont appliqués près du côté et des bords de ces plateaux, et le nombre des oscillations nécessaires pour réduire l'arc d'oscillation à une certaine quantité constante, est noté. Dans la première description de cet instrument (1), il est dit que les pôles opposés produisaient les plus grands effets de retardation, et les pôles semblables point; et cependant, une page plus loin, l'effet est considéré comme étant de la même nature que celui produit dans le fer.

(250) Je me procurai deux de ces plateaux montés, l'un de cuivre, l'autre de fer. Le plateau de cuivre seul donna soixante oscillations, terme moyen de plusieurs expériences, pour que l'arc d'oscillation fût réduit d'une certaine amplitude à une autre. En plaçant des pôles magnétiques opposés de chaque côté, à la même place, le même effet avait lieu en quinze oscillations. En y substituant des pôles semblables, le nombre des oscillations monta à cinquante; et en plaçant deux morceaux de bois

(1) *Journal phil. d'Edinb.* 1825, p. 124.

de la même grandeur que les pôles, également près, les oscillations allèrent à cinquante-deux. Ainsi lorsqu'on se servait de pôles semblables, l'effet magnétique était le moindre ou nul (la résistance étant due au peu de passage donné à l'air plutôt qu'à toute autre cause); il était à son plus haut degré lorsqu'on faisait usage de pôles opposés. En présentant un pôle au bord même du plateau, il n'y avait aucune retardation.

(251) Le plateau de fer seul donna trente-deux oscillations, tandis que l'arc d'oscillation diminuait d'une certaine quantité. En présentant un pôle magnétique aux bords du plateau (247), le nombre des oscillations descendait à onze, et à cinq lorsque le pôle se trouvait à un demi-pouce environ du bord.

(252) Lorsque le pôle *marqué* fut placé à côté du plateau de fer à une certaine distance, le nombre des oscillations n'était que de cinq, et lorsque le pôle *marqué* de la seconde barre était placé à la même distance, du côté opposé du plateau (250), le nombre des oscillations n'était plus que de deux. Mais si le second pôle était un pôle *non marqué*, occupant toujours la même position, les oscillations montaient à vingt-deux. En éloignant tant soit peu du plateau le plus puissant des deux pôles opposés, les oscillations allaient à trente et une, ou près du nombre primitif. Mais en l'éloignant tout-à-fait, elles tombaient entre cinq et six.

(253) Rien ne peut être plus net que ce résultat; lorsqu'il s'agit du fer et des autres corps sensibles à l'influence magnétique ordinaire, les pôles *opposés*, placés des côtés opposés du plateau, neutralisent réciproquement l'effet l'un de l'autre, tandis que les pôles *sem-*

blables l'augmentent : un simple pôle de côté est aussi actif. Mais lorsqu'il s'agit du cuivre et des autres substances non sensibles aux influences magnétiques ordinaires, les pôles *semblables* placés des côtés opposés du plateau se neutralisent réciproquement ; les pôles *opposés* se renforcent, et un simple pôle au bord ne fait rien.

(254) Rien ne peut montrer plus complètement l'indépendance absolue entre les effets obtenus avec les métaux par M. Arago, et les effets produits par les forces magnétiques ordinaires ; aussi l'application de deux pôles à différentes substances en mouvement, lorsqu'elles semblent toutes affectées magnétiquement, servira d'épreuve pour apprécier la nature d'une semblable action. Si les pôles opposés produisent plus d'effet qu'un seul pôle, la force sera due aux courans électriques ; si les pôles semblables produisent plus d'effet qu'un seul pôle, l'action *ne* sera *pas* électrique ; on ne la trouvera nulle part aussi active que dans les métaux et le charbon en mouvement ; et dans plusieurs cas probablement, on la trouvera n'être pas même magnétique, mais le résultat de causes irrégulières, imprévues et non calculées.

(255) Le résultat de ces recherches tend à faire voir qu'il n'y a effectivement que très-peu de corps qui soient magnétiques comme le fer. J'ai voulu souvent rechercher des indices d'une telle puissance dans les métaux communs et autres substances. Pour éclaircir l'objection de M. Arago (82), en même temps que dans l'espoir de m'assurer de l'existence de courans dans les métaux, produits par l'approchement momentané d'un aimant, je suspendis un disque de cuivre à un simple fil de soie, dans un vide parfait, et j'approchai à l'extérieur de la

bouteille de puissans aimans, en les approchant ou en les éloignant d'accord avec un pendule qui oscillait tout comme le disque l'aurait fait : je n'obtins aucun mouvement, et non-seulement aucune indication de forces magnétiques ordinaires, mais pas même d'*aucun courant électrique* qui pût être produit dans le métal par l'approche ou l'éloignement de l'aimant. Je hasarde donc de ranger les substances en trois classes par rapport à leur relation aux aimans ; premièrement celles qui sont affectées étant en repos, telles que le fer, le nickel, etc., comme douées des propriétés magnétiques ordinaires ; ensuite les substances qui sont affectées étant en mouvement, conductives d'électricité et dans lesquelles la force inductive de l'aimant produit des courans électriques ; et dernièrement les substances qui sont parfaitement indifférentes à l'aimant, soit qu'elles se trouvent en repos ou en mouvement.

(256) Il faudra des recherches ultérieures et probablement des investigations exactes, tant expérimentales que mathématiques, avant qu'on parvienne à bien s'assurer du mode d'action réciproque d'un aimant et d'un métal mis en mouvement ; cependant plusieurs des résultats obtenus semblent assez clairs et assez simples pour permettre d'en donner l'expression d'une manière tant soit peu générale. Si un fil métallique borné est mis en mouvement de sorte qu'il coupe une courbe magnétique, il se développe dans cette action une puissance qui tend à faire traverser le fil par un courant électrique ; mais un tel courant ne peut pas se créer sans qu'il existe de l'électricité aux extrémités du fil pour la décharge et le renouvellement du courant.

(257) Si un second fil est mis en mouvement dans la même direction que le premier, la même puissance exerce son action sur lui, et il ne peut par conséquent altérer la condition du premier; car il paraît qu'il n'existe point parmi des substances formant un même circuit des différences de nature, telles qu'en se mouvant au milieu des mêmes circonstances relativement à l'aimant, l'une tende à produire un courant électrique plus puissant que l'autre dans tout le système (201, 214).

(258) Mais si le second fil est mu avec une vitesse différente ou dans une autre direction, il y a alors différence dans la force qui se développe; et si on joint les fils à leurs extrémités, ils sont traversés par un courant électrique.

(259) En prenant une masse de métal ou un fil d'une longueur indéfinie, et mobile par rapport au pôle d'un aimant considéré comme un centre d'action (ce qui, sans être parfaitement exact, peut être permis à présent pour la facilité de l'expression), si toutes les parties de la masse ou du fil sont mues dans une même direction, avec la même vitesse angulaire, et à travers des courbes magnétiques d'une intensité constante, on n'obtiendra aucun courant électrique. C'est un fait qui peut être aisément observé avec des masses soumises au magnétisme terrestre, et qui peut également être prouvé avec de petits aimans; en faisant tourner ceux-ci sur eux-mêmes et en laissant les arrangemens métalliques stationnaires, il ne se produit aucun courant.

(260) Si une portion du fil ou du métal coupe les courbes magnétiques, tandis que le reste demeure stationnaire, il y a alors développement de courans. Tous

les résultats obtenus avec le galvanomètre sont plus ou moins de cette nature ; l'extrémité du galvanomètre servait de partie immobile. On peut également considérer comme tels, sans crainte d'erreur, les résultats obtenus avec le fil, le galvanomètre et la terre (170).

(261) Si le mouvement du métal a lieu dans une même direction, mais avec des vitesses angulaires différentes pour les différentes parties relativement au pôle de l'aimant, il y a alors formation de courans. C'est ce qui se vérifie dans l'expérience de M. Arago, et même dans le fil soumis à l'induction de la terre (172) lorsqu'il est mu de l'ouest à l'est.

(262) Si l'aimant est mis en mouvement, il y a, comme dans le cas précédent, des courans, non dans la direction, mais transversalement à la direction de son mouvement.

(263) Si différentes parties sont mises en mouvement avec des vitesses égales, mais dans des directions opposées à travers les courbes magnétiques, alors on obtient le maximum de l'effet.

(264) Tous ces résultats ne sont en effet qu'autant de cas divers d'une même condition, savoir, que tous les points de la masse ne doivent pas se mouvoir dans la même direction à travers les courbes, ni avec la même vitesse angulaire. Ce sont pourtant des formes d'expression qui, gravées dans la mémoire, m'ont été utiles lorsque j'ai eu à analyser des phénomènes particuliers au moyen des résultats généraux.

Institution royale. 21 décembre 1831.

Lettre *adressée à M.* Gay-Lussac, *contenant quelques observations sur la Matière colorante de la Garance;*

Par M. Robiquet.

En juin 1826, nous publiâmes, M. Colin et moi, un premier mémoire sur la garance, et un an plus tard nous en présentâmes un deuxième à l'Institut; mais par des motifs particuliers que nous allons indiquer, nous n'avons point livré celui-ci à l'impression. Dans le premier, nous faisions connaître une nouvelle matière colorante à laquelle nous avons donné le nom d'*alizarine*, et nous annoncions comme probable l'existence dans cette racine d'un deuxième principe colorant que nous appelâmes *purpurine*. Dans le second mémoire nous avons étudié comparativement ces deux matières colorantes, et nous avons fait remarquer que celle-ci, plus riche en apparence, couvrait cependant moins le mordant, et que l'autre jouissait d'une telle solidité qu'elle résistait aux agens les plus énergiques, même dans son état de pureté. Ce résultat était bien loin d'être prévu, car jusqu'alors on avait cru ce principe colorant si fugace, avant d'être fixé sur les mordans, qu'on prenait toutes sortes de précautions pour garantir la garance des moindres avaries, et qu'on rejetait sur cette prétendue altérabilité tous les mécomptes que l'on éprouvait en teinture. Cette prévention était devenue la source d'une guerre continuelle entre le consommateur et le marchand. C'était donc un premier service rendu à l'industrie que

d'avoir détruit une pareille erreur. Cette importante observation nous conduisit à une méthode de purification de la garance, bien plus imprévue encore, car nous eûmes recours à l'acide sulfurique concentré pour détruire dans cette racine toute matière organique étrangère au principe colorant, et nous donnâmes à cette préparation le nom de *charbon sulfurique*, qui a été consacré depuis. Nous fîmes voir que nous exhumions ainsi une grande quantité de matière colorante qui avant se trouvait fixée dans le ligneux. Nous nous appliquâmes aussi à faire ressortir tous les avantages que l'on retirait en teinture de l'emploi du charbon sulfurique, et nous mettions en première ligne la plus grande facilité qui en résulterait pour le blanchîment des fonds qui, loin d'être salis comme dans les bains ordinaires, sortent, pour ainsi dire, intacts; puis nous faisions remarquer que le bain conservant avec le charbon sulfurique toute sa limpidité, l'artiste pouvait suivre pas à pas tous les progrès de son opération, ne la jamais prolonger au-delà du besoin, et ne pas procéder par une espèce de tâtonnement, comme dans la méthode ordinaire. Enfin nous faisions remarquer encore que ce produit tinctorial étant réduit sous un très-petit volume, il en résulterait pour beaucoup de localités une grande diminution dans les frais de transport, objet qui mérite considération, car il est telle maison où ces frais dépassent 50,000 francs par an.

Ces résultats parurent assez neufs et assez piquans pour mériter l'approbation de l'Académie des Sciences, et nos mémoires furent jugés dignes d'être insérés dans le Recueil des Savans étrangers; cependant jamais re-

cherches entreprises dans l'intérêt de l'industrie ne furent accueillies avec plus de défaveur et n'éprouvèrent plus d'opposition de la part de ceux qui les avaient provoquées. Nous ne relaterons point ici toutes les controverses dont nos travaux ont été l'objet, mais nous dirons que nous sommes restés impassibles à tant d'attaques, parce que des fabricans se sont engagés à développer cette nouvelle industrie, et à y consacrer tous les capitaux nécessaires, et qu'en retour nous avons promis de ne rien publier qui puisse leur susciter des rivalités. M. Lagier d'Avignon, qui joint à beaucoup d'intelligence une prodigieuse activité et une rare persévérance, s'était d'abord chargé seul de l'entreprise, et pour la mener à bien, il commença par se livrer avec nous à une longue série de recherches sur toutes les variétés de garance, et sur leurs divers produits; puis il s'est fait, pour ainsi dire, teinturier, afin de pouvoir apprécier lui-même la valeur de chacun de ces produits; et une fois qu'il s'est bien cru en possession de sa matière, il a songé alors à en entreprendre l'exploitation. Mais ayant vu se multiplier à chaque pas le nombre des produits susceptibles d'applications spéciales, il n'a point tardé à reconnaître qu'il s'agissait d'une affaire immense, et que lui seul n'en pourrait supporter tout le fardeau; il s'est donc réuni à l'une des maisons les plus importantes et les plus honorables d'Avignon, celle de M. Thomas. Un million de fonds a été fait pour cette importante fabrication, qui sous peu prendra son essor.

J'ai cru donner ces détails afin de prouver que ce n'était point une chose abandonnée, comme notre silence aurait pu le faire supposer, et qu'il est plus pro-

bable que jamais, quoi qu'on en ait pu dire, que nos recherches donneront lieu à une des plus belles industries que la chimie ait pu créer.

MM. Gaultier de Claubry et Perzoz viennent de publier un mémoire qui date de 1826, et dans lequel ils établissent qu'il existe dans la garance deux matières colorantes différentes de celles signalées jusqu'alors, et ils décrivent les procédés qu'ils ont suivis pour les obtenir dans leur état de pureté. Les mêmes motifs qui nous avaient déterminé à garder le silence jusqu'alors, nous interdisent encore toute espèce d'observation sur ce mémoire ; mais nous ne saurions nous soumettre au jugement défavorable que ces messieurs portent sur notre alizarine, en affirmant qu'elle ne donne en teinture qu'une couleur rose beaucoup moins solide que celle que l'on obtient avec la garance, et que c'est vainement qu'ils ont cherché, au moyen des mordans, à la rendre stable et d'une couleur plus intense.

Il est à regretter que ces deux habiles chimistes n'aient pas mis plus de persévérance dans leurs essais, car ils eussent bien certainement acquis la preuve du contraire de ce qu'ils ont avancé ; autrement il faudrait admettre, ou qu'ils n'ont point employé convenablement cette matière colorante, ou qu'ils n'ont point opéré sur de véritable alizarine. Pour vous en convaincre, Monsieur, j'ai l'honneur de vous adresser un carré de toile peinte, où se trouvent réunies à dessein toutes les nuances que la garance peut produire avec les mordans alumineux ou ferrugineux et qui a été teint avec la même alizarine que celle dont je vous remets ci-inclus un échantillon. J'y joins un carré de toile simplement mordancé et portant

le même dessin, afin que vous puissiez répéter l'expérience, si vous en avez le loisir. Vous vous ferez une juste idée de cette matière colorante en remarquant que 5 à 6 centigr. d'alizarine seront plus que suffisans pour teindre ce carré de toile, bien qu'il soit d'un dessin très-fourni, et dont les nuances sont pour la plupart d'une grande intensité. Mais comme cette matière colorante ainsi sublimée est le plus ordinairement imprégnée d'une matière grasse qui se développe en même temps et qui l'empêche de se mêler à l'eau, il est souvent nécessaire, pour en tirer tout le parti possible, de la délayer préalablement dans quelques gouttes d'alcool et de projeter cette dissolution dans le bain. Il faut, de plus, monter le bain jusqu'à l'ébullition, car ce n'est qu'à cette température que l'alizarine grasse commence à couvrir les mordans, si toutefois, ce qui est encore bien essentiel à observer, l'eau est parfaitement pure, car la présence de la plus petite quantité de sel calcaire s'opposerait à tout l'effet de teinture avec l'alizarine. Une fois combinée avec les mordans, elle est d'une telle fixité qu'elle résiste parfaitement au savon bouillant. MM. Gaultier de Claubry et Perzoz n'ont peut-être pas pris toutes les précautions que nous venons d'indiquer; mais alors ils auraient eu tort de se prononcer aussi positivement sur une matière qu'ils n'avaient point encore assez étudiée. S'il est vrai, comme nous en sommes bien convaincus, nous qui croyons la bien connaître, que l'on obtienne avec l'alizarine toutes les mêmes teintes que produit la garance avec les différens mordans, il en faudra bien conclure que ce produit cristallin est la matière colorante qui domine dans cette racine, et si à la

rigueur nous en voulions tirer d'autres conséquences, nous en pourrions déduire quelques doutes sur la pureté de la matière colorante rouge de nos compétiteurs, et peut-être même prouver que leur matière rose n'est autre chose que notre ancienne purpurine. Mais nous n'avons nulle intention de nous engager dans cette discussion, il nous suffira de réhabiliter encore une fois notre alizarine à laquelle nous tenons beaucoup, parce que nous croyons qu'elle mérite d'être maintenue au nombre des principes immédiats.

On a prétendu que l'alizarine avait pour base une résine incolore qui en se sublimant, si toutefois les résines se subliment, entraînait plus ou moins de matière colorante; mais on n'a jamais pu parvenir à extraire cette prétendue résine. On obtient bien à la vérité des alizarines qui varient du jaune pâle au rouge foncé, mais cela dépend du plus ou moins de division des molécules et de la température plus ou moins élevée à laquelle on opère. Ce qu'il y a de certain, c'est que la plus pâle donne dans l'eau ammoniacale une teinture tout aussi riche que la plus foncée. On a dit encore, car on dit bien des choses sur cette pauvre substance, que c'était une matière pyrogénée, qui ne préexistait pas dans la racine. Il se peut qu'elle subisse quelque altération par l'action de la chaleur; mais ce que nous pouvons affirmer, c'est que cette altération ne peut être que minime, si on en juge par la basse température à laquelle elle se sublime.

En effet il suffit pour l'obtenir de poser une plaque de tôle sur un petit fourneau ordinaire, de recouvrir cette plaque avec une couche de sable sec de peu d'épaisseur,

puis de placer une feuille de papier fort sur ce sable et de saupoudrer toute la surface du papier avec du charbon sulfurique bien lavé et très-sec, c'est-à-dire préparé par le procédé que nous avons indiqué dans le numéro 3 du Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. La couche de charbon sulfurique doit avoir tout au plus 2 à 3 lignes d'épaisseur et être bien égale. Les choses étant ainsi disposées, on chauffe graduellement en ayant soin d'imprimer de temps en temps au papier un petit mouvement de va-et-vient pour donner plus d'uniformité à la température. Au bout d'un certain temps on voit surgir de toutes parts, et sans que le papier roussisse, des petites houppes soyeuses et d'un beau rouge, qui s'implantent sur toute la surface du charbon sulfurique et présentent un fort joli coup-d'œil. Convenons que si c'est là une substance pyrogénée, il faudra que ce nom soit appliqué à presque tous les produits que l'on obtient par la chaleur. Au reste, nous le répétons, la raison qui nous paraît le plus militer en faveur de la préexistence, c'est qu'avec l'alizarine et les mordans alumineux on obtient toutes les nuances de rouge que fournit la garance, et qu'il en est de même pour toutes les couleurs que les mordans ferrugineux donnent avec cette racine; mais dans l'un et l'autre cas, et surtout dans ce dernier, l'alizarine l'emporte en intensité et en éclat.

J'ai l'honneur d'être, etc.

Dissertation *sur la Densité de la Vapeur de quelques corps simples;*

Par M. J. Dumas.

Depuis que les chimistes ont remarqué les rapports simples dans lesquels s'effectuent les combinaisons, la pensée que celles-ci se font entre des molécules que l'on désigne sous le nom d'atomes, a chaque jour acquis une nouvelle force et un plus grand nombre de prosélytes. Mais autant il est facile d'établir dans quel rapport les substances élémentaires se combinent entre elles, autant il est difficile d'apprécier le nombre réel d'atomes qui entre dans chacune de ces combinaisons.

M. Berzelius, qu'une longue étude des phénomènes les plus délicats de la chimie avait déjà familiarisé avec le *facies* de chaque corps, aborda le premier, dans toute son étendue, cette tâche difficile dans son traité des proportions chimiques, qui forme une époque si importante dans la science. Dépourvu de toute règle, il fixa de sentiment le poids atomique de chaque corps, et, en général, il se laissa guider par des analogies qu'une expérience ultérieure n'a fait que confirmer. Toutefois, les chimistes désirèrent bientôt voir substituer à la méthode arbitraire, dont il avait fait un emploi si heureux, quelque chose de plus fixe, mieux à la portée de toutes les intelligences, et moins sujet aux variations capricieuses de chaque écrivain.

M. Mitscherlich, en montrant que les corps formés du même nombre d'atomes présentent la même forme

ristalline, vint bientôt satisfaire à ce vœu, et les conséquences de cette découverte capitale se trouvèrent dans un accord si parfait avec le classement fait par M. Berzelius, que l'on put croire un moment que la théorie atomique avait fait son dernier pas. On avait été trop loin, et de nouvelles recherches dues à M. Mitscherlich lui-même, en montrant que le même corps peut affecter deux formes distinctes et incompatibles, jettent beaucoup d'incertitude sur les conséquences à tirer de la forme cristalline des corps.

D'un autre côté, MM. Dulong et Petit ayant découvert que la plupart des atomes possèdent la même capacité pour la chaleur, furent conduits à généraliser cette loi. Tous les chimistes se sont successivement rattachés à ce point de vue, et aujourd'hui M. Berzelius, en l'adoptant lui-même, vient de réduire de moitié le poids atomique de presque tous les métaux.

J'ai placé en dernier lieu une troisième sorte de considération, bien que par son importance et la date de sa découverte elle ait précédé les deux autres dans son application aux phénomènes dont la théorie atomique cherche à donner l'explication. Je veux parler de la belle loi observée par M. Gay-Lussac dans les combinaisons des gaz. Ces combinaisons, comme on sait, se font entre des volumes fort simples. D'un autre côté, M. Ampère ayant établi par des considérations mathématiques que dans les gaz il existe le même nombre d'atomes, quand on les prend sous le même volume et la même pression, il devenait facile de déterminer le poids atomique de chaque corps gazeux. Ce poids devait être proportionnel à la densité du gaz.

C'est en combinant les lois observées par MM. Dulong et Petit d'une part, et par M. Gay-Lussac de l'autre, que les chimistes se dirigent aujourd'hui. Pour tous les corps gazeux ils emploient la loi de Gay-Lussac ; pour les solides, celle de Dulong et Petit ; et quand l'une et l'autre leur manquent, ils ont recours à l'isomorphisme.

Cet ensemble laissait si peu de chose à désirer, qu'à l'époque où je fis connaître un procédé simple, exact et commode pour prendre la densité de toutes les vapeurs, je songeai bien plus à l'appliquer aux corps simples comme moyen de vérification, que comme moyen de découvrir de nouvelles propriétés.

L'iode fut la première substance que je soumis à l'essai. Son analogie soutenue avec le chlore permettait de calculer son poids atomique avec une grande probabilité et par suite la densité de sa vapeur. L'expérience m'offrit un accord parfait avec la théorie. A la vérité, la densité que je trouvai était un peu trop forte ; mais de nouvelles expériences sur l'iode, faites par M. Berzelius, sont venues confirmer ma détermination, en corrigeant le poids atomique admis précédemment pour ce corps.

Je pris à la même époque la densité de la vapeur du mercure. Je la trouvai telle que son poids atomique devait être réduit au quart du nombre adopté par M. Berzelius. Cette détermination, je devais m'y attendre, ne fut pas adoptée aussi facilement. J'espère, néanmoins, que si elle sépare le mercure de tous les autres métaux, que si elle donne à ses combinaisons une formule qui leur serait propre, les chimistes finiront par l'adopter, en voyant qu'en effet le mercure est un métal à part, qui ne

ressemble à aucun autre, et dont les combinaisons ne sont liées par l'isomorphisme avec aucune combinaison métallique connue. Le bismuth seul semblerait s'en rapprocher; mais déjà le bismuth lui-même avait offert quelque bizarrerie dans les expériences de MM. Dulong et Petit.

Je fis alors quelques expériences sur le phosphore et le soufre, et je dois avouer que les résultats que j'obtins avec ce dernier corps furent tellement inattendus pour moi, que je n'osai pas les publier. Quelque temps après je repris ces expériences, et trouvant toujours le même résultat, je me résolus à attendre que de nouveaux faits vinssent jeter quelque lumière sur cette anomalie. Le voyage récent de M. Mitscherlich à Paris, le désir qu'il m'a témoigné d'assister à quelques expériences de cette nature, m'ont déterminé à reprendre la densité de la vapeur du phosphore et du soufre et à étudier de nouveau cette question.

Relativement au phosphore, il y a peu de difficulté. La densité de sa vapeur, calculée d'après son ancien poids atomique, serait égale à 4,32. Avec le nouveau poids d'atome adopté plus récemment, et qui m'avait paru plus probable que l'autre, elle serait égale seulement à 2,16; l'expérience m'a donné 4,35. Il faut donc modifier cette analogie entre l'azote et le phosphore généralement prise pour guide dans la classification des combinaisons du phosphore. Le phosphore et l'arsenic se rapprochent, on peut le dire, plus de l'azote que de tout autre corps simple; mais ils en sont séparés d'une manière tranchée aussi bien par le poids atomique et la formule de leurs combinaisons, que par l'absence d'isomorphisme entre elles. Ainsi un atome de phosphore

équivaut à deux atomes d'azote, tout comme un atome d'oxigène équivaut à deux atomes de chlore.

Relativement aux lois des combinaisons gazeuses, il faut noter comme un fait important que dans chaque volume d'hydrogène protophosphoré ou de protochlorure de phosphore, il n'entre qu'un quart de volume de vapeur de phosphore. Jusqu'à présent, la limite de ces sortes de divisions s'était arrêtée à un demi-volume. L'exemple que je cite aujourd'hui, change beaucoup les considérations relatives aux corps peu volatils, et montre que ce n'est qu'avec restriction qu'on peut les assimiler aux gaz proprement dits.

Ainsi, se trouve à peu près terminée une discussion soulevée par le Mémoire sur la théorie atomique que j'ai publié il y a quelques années. Dans ce Mémoire, je m'étais borné, en étudiant le phosphore, l'arsenic, le bore, le silicium, le titane et l'étain, à faire sur leurs combinaisons volatiles une application des règles généralement admises alors pour les combinaisons des corps gazeux. Je ne pouvais pas supposer alors que ces composés pussent renfermer un tiers ou un quart de volume de la vapeur des corps simples que je viens de citer, et j'avais considéré comme assez probable la nécessité d'une réduction dans le poids atomique de ces corps. Ces considérations, qui contrariaient le point de vue général de M. Berzelius, avaient pourtant frappé cet illustre chimiste au point de le faire hésiter. C'est avec un véritable plaisir que je vois, dans les résultats de mes nouvelles expériences, le moyen d'aplanir toutes ces difficultés.

En effet, si le phosphore peut entrer pour un quart

de volume dans une combinaison gazeuse, rien ne prouve que l'étain, le titane, le bore, le silicium ne puissent y entrer aussi pour un tiers ou même pour moins encore. Les considérations tirées de la loi de composition des sels formés par les acides que ces corps peuvent produire, reprennent donc toute leur force, et les anciennes opinions de M. Berzelius conservent toute leur autorité relativement au bore et au silicium dont le poids atomique ne peut être déterminé par la densité de leur vapeur et dont on n'a pas pris la chaleur spécifique.

Relativement au soufre, les résultats sont plus extraordinaires. En partant d'une analogie assez généralement admise entre le soufre et l'oxigène, et confirmée à un très-haut degré par les expériences récentes de M. Thenard, la densité de la vapeur du soufre devait être égale à 2,2 environ. La première expérience à laquelle je soumis ce corps m'ayant donné 6,57, je ne doutai pas que quelque cause d'erreur n'eût échappé à mon attention. Cependant la température avait été portée à 524°, et je m'étais assuré que le soufre entre en pleine ébullition à 440°. Ainsi le soufre avait dû entrer complètement en vapeur.

Dans une autre expérience, la température fut portée à 506°; la densité de la vapeur se trouva égale à 6,51.

A diverses époques la densité de la vapeur du soufre m'a offert de semblables résultats. Les expériences faites récemment m'ont donné 6,617, nombre qui coïncide presque avec le triple de la densité calculée, c'est-à-dire 6,653. Il s'ensuit que, dans l'hydrogène sulfuré et dans le gaz sulfureux, il n'entre qu'un sixième de volume de vapeur de soufre.

Maintenant je serai sobre de réflexions sur ce résultat extraordinaire. J'attendrai pour l'apprécier que les expériences dont je m'occupe sur la densité de la vapeur des autres corps simples soient terminées. Une seule chose s'en déduit immédiatement, c'est la nécessité de déterminer d'une manière directe cet élément de l'histoire physique des corps le plus important peut-être, au lieu de s'en rapporter à des analogies évidemment trompeuses. J'espère être parvenu à lever les difficultés que m'opposait la faible volatilité des autres substances simples volatiles au moyen de quelques modifications faites à mon procédé.

En ce qui concerne le soufre, ma première pensée fut qu'on pouvait considérer le soufre ordinaire comme un hydrure, ce qui eût expliqué la condensation inattendue de sa vapeur.

En effet, par des moyens fort délicats, je pus m'assurer que le soufre retient environ $\frac{1}{1000}$ ou $\frac{1}{1200}$ d'hydrogène; mais je me suis assuré récemment que le soufre fondu n'en donne pas une quantité appréciable. Cet hydrogène qui se dégage quand on combine le soufre avec les métaux et que j'ai isolé au moyen du cuivre, paraît dû à la présence de l'hydrogène sulfuré dans le soufre, qui possède en effet la faculté d'absorber ce gaz.

Cette explication écartée, je n'en connais pas d'autre. Il faut donc admettre comme un fait que la densité de la vapeur du soufre est triple de la densité calculée.

Peut-être trouvera-t-on ce fait moins extraordinaire, en se rappelant que le soufre possède une propriété physique qui lui est propre et qu'on a trop peu remarquée.

En effet, soumis à l'action du feu, le soufre fond à 107°, et d'abord il est parfaitement liquide. Si on le chauffe jusqu'à 200°, il s'épaissit et finit par se prendre en gelée. Vers son point d'ébullition, il se liquéfie de nouveau, mais en restant visqueux.

Cette propriété, le soufre la présente dans le vide comme sous la pression ordinaire de l'air.

Y aurait-il pour le soufre un moment où, après s'être liquéfié, ses molécules se grouperaient de manière à former des atomes composés capables de résister ensuite au passage à l'état gazeux? En sorte que si on pouvait prendre la densité de sa vapeur vers 107°, cette densité se trouverait trois fois moindre que dans le cas dont je viens de m'occuper. C'est ce que je me propose d'examiner bientôt, en prenant la densité de la vapeur du soufre à de basses températures.

Ce phénomène, qui n'est pas sans quelque vraisemblance, permettrait de concevoir comment le soufre, dont la vapeur présente une anomalie si étrange, se trouve en même temps doué d'une capacité pour la chaleur qui coïncide avec celle de tous les corps simples essayés. Dans l'état actuel des choses, on peut dire que sa vapeur est trois fois trop dense ou bien que sa capacité est trois fois trop forte, résultat qui révèle l'existence de quelque modification moléculaire nouvelle et digne d'attention en ce qu'elle porte sur les idées fondamentales du système atomique.

Quoi qu'il en soit, j'espère qu'on sentira généralement la nécessité de déterminer d'une manière directe les élémens de cette espèce relatifs aux corps simples. Je ferai voir bientôt que pour les corps composés, des déter-

minations semblables ne sont pas moins utiles. Mais ici les faits sont plus réguliers, et j'ai pu en conséquence les multiplier davantage. Je ferai connaître les résultats auxquels je suis parvenu à cet égard dans un prochain mémoire.

Voici le tableau de quelques-unes des expériences relatives au soufre.

DENSITE DE LA VAPEUR DE SOUFRE.	I.	II.	III.	IV.
Excès de poids du ballon plein de vapeur sur le poids du ballon plein d'air sec..... ..	0^{gr},313	0,431	0,367	0,383
Baromètre	0^{m},760	0,766	0,7585	0,753
Température de l'air.....	20°	21°	18° c.	20°
Capacité du ballon.....	0^{l},210	0^{l},258	0,228	0,230
Gaz restant avec la vapeur....	tr. d'hyd. sulf.	tr. d'hyd. sulf.	0,004 air	tr. d'hyd. sulf.
Poids du mercure qui remplit le thermomètre à air.....	52,284	146,357	14,915	50,998
Poids du mercure rentré dans le thermomètre à air.	30,042	85,262	7,610	28,905
Hauteur de la colonne de mercure dans le thermomèt. à air.	0,144	0,083	0,234	0,114
Poids du litre de vapeur de soufre	8,454	8,360	8,595	8,549
Densité de la vapeur de soufre.	6,512	6,495	6,617	6,581
Température marquée par le thermomètre à air sans avoir égard à la dilatation du verre.	506°	493°	524°	524°

Rapport sur un Mémoire de M. Dumas, ayant pour titre : *Sur la Densité de la Vapeur de quelques corps simples.*

Après avoir découvert que les gaz se combinent en rapport simple, découverte d'où sont découlées de nom-

reuses et importantes conséquences pour la théorie en énéral et pour l'analyse en particulier, M. Gay-Lussac, onvaincu que les vapeurs étaient soumises à la même oi, imagina un appareil fort simple pour en mesurer la ensité lorsqu'elles proviennent de liquides dont l'ébul-tion n'a lieu qu'à une température peu élevée ; mais il tait nécessaire de pouvoir aller au-delà ; il fallait par-enir à peser celle des corps qui ne bouillent même qu'à 00 à 500 degrés. C'est ce que M. Dumas fit en 1826 (1). l avait alors déterminé directement la densité de la va-eur de soufre ; et quoique plusieurs expériences lui ussent donné des résultats identiques, il ne voulut oint les publier, tant ils s'éloignaient de ceux que l'on ouvait déduire de la densité et de l'analyse du gaz hy-lrogène sulfuré ; il craignait que quelque cause d'erreur n'eût échappé à son attention.

Depuis cette époque, et tout récemment en présence de M. Mitscherlich, ayant eu l'occasion de répéter ses expériences, et ayant obtenu les mêmes nombres, il a cru devoir les communiquer à l'Académie, afin de met-tre les chimistes à même de les apprécier.

On sait que le soufre a tant d'analogie avec l'oxigène que l'histoire de l'un jette la plus vive lumière sur celle de l'autre. Or la vapeur d'eau est formée de 1 vol. d'hydrogène et de $\frac{1}{2}$ vol. d'oxigène : donc le gaz hydro-gène sulfuré doit contenir $\frac{1}{2}$ vol. de vapeur de soufre pour 1 vol. d'hydrogène ; et puisque la densité de l'hy-drogène sulfuré est de 1.1912, celle de la vapeur de sou-fre doit être de 2.24 : tel est en effet le chiffre qui a été

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, pag. 342.

généralement adopté. Cependant M. Dumas l'a trouvé dans trois expériences successives de 6,57 — 6,51 — 6,617, nombre qui est presque le triple de la densité calculée, et qui conduirait à admettre seulement $\frac{1}{6}$ de vol. de vapeur de soufre dans l'hydrogène sulfuré, comme dans l'acide sulfureux.

Pourquoi cette différence? tiendrait-elle à ce que l'opération présenterait quelques difficultés et exposerait à commettre quelque erreur? Non, nous en avons été témoins, elle est simple et facile à exécuter. Le soufre ne renfermerait-il pas de l'hydrogène, et ne pourrait-il pas être considéré comme un hydrure : c'est une pensée qui n'a point échappé à l'auteur, d'autant plus que la présence de l'hydrogène a été signalée depuis long-temps même dans le soufre le mieux purifié; mais il paraîtrait que la quantité d'hydrogène contenue dans le soufre fondu est si minime, qu'elle n'est pas appréciable. Ne serait-il pas possible enfin que la vapeur de soufre n'atteignît point dans l'opération le degré où la dilatation serait uniforme; mais on nous répond que le soufre bout à 440°, et que la température est portée jusqu'à 524°, d'où résulte un excès de 84° sur le point d'ébullition.

Toutes ces objections écartées, l'auteur est tenté de croire qu'il y aurait pour le soufre un moment où, après s'être liquéfié, ses molécules se grouperaient de manière à former des atomes composés qui ne passeraient point à l'état gazeux, et il s'appuie sur ce que le soufre qui fond à 107°, et qui à cette température est parfaitement liquide, s'épaissit à 200° et finit par se prendre comme en une sorte de gelée, état qu'il conserve

jusqu'à son point d'ébullition pour se liquéfier de nouveau, tout en conservant encore de la viscosité.

On sent tout ce que cet aperçu si nouveau et si extraordinaire a d'hypothétique. Pour être admis, il faut qu'il repose sur des expériences directes : aussi M. Dumas cherchera-t-il à déterminer la densité de la vapeur du soufre à 107° et à résoudre la difficulté qui ressort de ses résultats.

Le phosphore a été soumis par lui aux mêmes expériences que le soufre, et la densité de sa vapeur a été trouvée de 4.32 ou double de celle que l'on a déduite de la densité et de l'analyse du gaz hydrogène protophosphoré, et de l'analogie qu'on supposait exister entre le phosphore et l'azote. Le phosphore n'entrerait donc que pour $\frac{1}{4}$ de volume au lieu de $\frac{1}{2}$ dans l'hydrogène protophosphoré ; et dès-lors toute analogie entre l'azote et le phosphore serait détruite, puisqu'ils seraient séparés l'un de l'autre et par le poids atomique, et par la formule de leurs combinaisons, et par l'absence d'isomorphisme entre elles.

L'auteur se propose de continuer ses recherches ; nous ne saurions trop l'y engager ; elles se rattachent à des questions du plus haut intérêt. Nous pensons, en conséquence, qu'elles méritent d'être imprimées dans le Recueil des Mémoires des Savans étrangers.

Signé : Gay-Lussac ; Thenard, rapporteur.

L'Académie adopte les conclusions de ce rapport.

Certifié conforme,

Le Secrétaire perpétuel, F. Arago.

Recherches *sur les Combinaisons de l'Hydrogène et du Carbone;*

Par M. J. Dumas.

Le carbone et l'hydrogène produisent des combinaisons si variées, et plusieurs d'entre elles présentent des réactions d'une si haute importance dans la formation des corps de nature organique, qu'il m'a paru qu'un travail destiné à étudier et à comparer les divers carbures d'hydrogène connus serait de quelque utilité. Ces carbures d'hydrogène jouent en effet un rôle analogue à celui du cyanogène; ils peuvent s'unir sans altération à beaucoup de corps, et réalisent ainsi ou du moins mettent sur la voie de réaliser beaucoup de substances organiques.

J'ai déjà indiqué le rôle que l'un d'eux, le camphogène, paraît jouer dans quelques composés remarquables. En me livrant à ces recherches, j'ai été conduit à un résultat que je ne prévoyais guère, la découverte de deux composés nouveaux d'hydrogène et de carbone, dont l'un au moins parait être isomérique avec la naphtaline. C'est l'histoire de ces corps que je me propose de tracer dans ce Mémoire.

Naphtaline. La naphtaline est un composé fort curieux de carbone et d'hydrogène découvert par M. Kidd et étudié d'abord par M. Faraday qui en a fait connaître la composition et les caractères les plus saillans et les

plus importans. Elle est devenue dans ces derniers temps, l'objet de nouvelles expériences faites en France par M. Laurent et en Allemagne par MM. Reichenbach, Oppermann, Wohler et Liebig. L'ensemble de ces recherches est bien loin toutefois de donner une histoire complète de la naphtaline, comme on le verra plus tard. Pour le moment, je vais ajouter seulement à ce que l'on sait déjà sur cette substance quelques traits qui la feront rentrer dans le cadre si remarquable que nous présente l'hydrogène bi-carboné ordinaire.

La naphtaline fond à 79°. Elle entre en ébullition à 212°. La densité de sa vapeur est égale à 4,528 et le poids du litre de sa vapeur est égal à 5,882, d'après l'expérience suivante :

Excès du poids de ballon plein de vapeur sur le ballon plein d'air.....	0^{gr},423
Capacité du ballon.....	216 cm. cb.
Température de la vapeur.....	235°
Baromètre.....	0^{m},759
Thermomètre.....	15°,5

D'après l'analyse de M. Faraday et celle de M. Laurent, la naphtaline serait représentée par 5 atomes de carbone et 2 atomes d'hydrogène. Cette analyse s'accorde avec la densité de vapeur que j'ai trouvée, et celle-ci prouve que chaque volume de naphtaline renferme :

10 vol. de carbone.....	4,213
4 vol. d'hydrogène.....	0,2752
1 vol. naphtaline.....	4,4882

D'un autre côté, les anciennes expériences de M. Faraday et celles plus récentes de MM. Wohler et Liebig, nous donnent le moyen de calculer le poids atomique de la naphtaline. D'après ces derniers, qui paraissent avoir opéré sur un produit plus pur, 13,92 d'acide sulfurique exigent pour leur saturation 45,58 de naphtaline; ce qui donne 1641 pour le poids atomique de cette substance. En prenant quatre volumes de vapeur de naphtaline, nous trouverions les résultats suivans :

40 atomes de carbone....	1530,4
16 atomes d'hydrogène...	100,0
1 atome de naphtaline.....	1630,4

L'accord de ces deux nombres prouve que la naphtaline possède une ressemblance parfaite avec l'hydrogène bi-carboné ordinaire. Comme pour ce gaz, chaque atome équivaut à quatre volumes; et l'on verra plus tard que cette donnée ramène les combinaisons de la naphtaline au même degré de simplicité que celles qui appartiennent à des corps doués d'une composition moins compliquée.

Parmi les combinaisons nombreuses et remarquables que divers agens produisent quand on les met en contact avec la naphtaline, il en est une qui a fixé plus particulièrement mon attention, à cause d'une légère différence d'opinion qui existe entre M. Liebig et moi au sujet de la liqueur des Hollandais.

J'ai admis, d'après des expériences qui m'avaient paru concluantes, que la liqueur des Hollandais renferme volumes égaux de chlore et d'hydrogène bi-carboné. D'accord avec moi pour le chlore et le carbone, M. Lie-

big a trouvé un seizième de moins pour l'hydrogène. Avec cette franchise qui honore le talent, M. Liebig avoue du reste que, dans une analyse de cette nature, les causes d'erreur sont plus grandes que la différence de nos résultats.

Je ne ferai pas difficulté de mon côté de convenir que je regarde la question comme digne d'un nouvel examen. Mais, dans l'état actuel de la science, j'ai cru qu'il y avait plus à espérer d'une étude attentive du chlorure de naphtaline que de celle de la liqueur des Hollandais elle-même. Son état se prête mieux à une analyse exacte.

Le chlore mis en contact avec la naphtaline la liquéfie d'abord en se combinant avec elle. Mais bientôt la matière se solidifie de nouveau, et l'on obtient un composé particulier sur lequel la distillation et l'action des alcalis produisent des phénomènes qui seront approfondis plus tard. Pendant la réaction, il y a dégagement d'acide hydrochlorique.

Ce composé soumis à l'analyse m'a fourni :

			Calcul.
Hydrogène.....	3,12	—	2,94
Carbone.....	44,69	—	45,00
Chlore.....	52,19	—	52,06
	100,00		100,00

Le résultat calculé l'a été d'après la formule $Ch^2 + C^{10}H^4$ qui représente deux volumes de chlore et un volume de naphtaline. Il y a donc ici deux fois plus de chlore que dans la liqueur des Hollandais, relativement à l'hydrogène carboné qui lui sert de radical.

Le chlore se combine-t-il avec la naphtaline ou bien

avec une matière moins hydrogénée formée à ses dépens? En voyant que dans la naphtaline le carbone est à l'hydrogène dans le rapport de 5 at. à 2 at., et que dans le chlorure de naphtaline nous le trouvons dans le rapport de 5 à 2, on est bien disposé à admettre que la naphtaline entre dans ce chlorure sans s'altérer, mais le dégagement d'acide hydrochlorique qui a lieu pendant sa production jette quelque doute sur ce point. Dans la première hypothèse, cette analyse nous fournirait un nouveau moyen de calculer le poids atomique de la naphtaline. Il serait égal à 1621,6, tandis que la densité calculée le porterait à 1630. Cette coïncidence confirmerait à la fois le poids atomique de la naphtaline et les conclusions que j'avais cru pouvoir tirer de mes expériences sur la liqueur des Hollandais.

Toutefois, et pour qu'on ne puisse s'y méprendre, je répète que l'analyse de cette liqueur pourra rester quelque temps encore problématique, car au point où se trouve ramenée la difficulté, nous convenons, M. Liebig et moi, que les procédés analytiques connus deviennent insuffisans. Cet aveu, nous le faisons l'un et l'autre dans l'intérêt de la vérité et bien indépendamment de l'amitié qui nous unit.

La naphtaline est donc un composé qu'il faut représenter par dix volumes de carbone et quatre d'hydrogène, sauf les restrictions que l'on est obligé de faire, à cause d'une légère incertitude qui règne encore sur le poids atomique du carbone et qui exerce une assez grande influence sur le calcul des combinaisons de cette espèce.

M. Laurent a fait voir que la naphtaline existe toute

formée dans le goudron de houille, mais qu'elle y est dissoute par une huile ou plutôt qu'elle y est engagée dans une combinaison d'où il est difficile et même impossible de la séparer immédiatement. Ce n'est que par une longue exposition de ce goudron à l'air, dont il absorbe sans doute l'oxigène, que la naphtaline devient facile à extraire. On obtient le même résultat en traitant le goudron ou l'huile qu'il fournit à la distillation par un courant de chlore. Il se forme une grande quantité d'acide hydrochlorique, et la naphtaline devient facile à isoler. De l'ensemble de ses expériences, M. Laurent est disposé à conclure que la naphtaline pourrait bien se trouver toute formée, mais combinée dans la houille.

M. Reichenbach a tiré de ses propres expériences une conclusion tout-à-fait opposée; mais on voit, en examinant son travail, que la plupart des résultats qu'il a obtenus exigent une révision, car il ne connaissait pas les moyens propres à déceler l'existence de la naphtaline dans les liquides huileux où il l'a inutilement cherchée.

La question de la préexistence de la naphtaline dans la houille peut difficilement être résolue dans son sens absolu; mais elle intéresse à un si haut degré les géologues que l'on me pardonnera de m'y être arrêté un instant, surtout si l'on veut bien admettre l'analogie qui me semble exister entre la naphtaline et les substances nouvelles dont je vais décrire les caractères.

Paranaphtaline. L'une d'elles, que je désigne provisoirement sous le nom de *paranaphtaline*, est un produit qui accompagne la naphtaline dans le goudron

de houille, et que nous en avons extrait, M. Laurent et moi. Nous l'avons analysé et étudié ensemble.

Pour donner une idée exacte des phénomènes qui se passent pendant la distillation du goudron de houille, il faudrait des lumières que la chimie organique est loin de posséder. Nous n'en dirons ici que ce qui convient pour qu'on puisse répéter l'expérience avec succès.

On peut diviser en quatre époques bien distinctes la distillation du goudron de houille.

Le premier produit est une substance oléagineuse qui fournit beaucoup de naphtaline pure.

Le second produit est encore huileux; mais il fournit à la fois de la naphtaline et de la paranaphtaline, que l'on peut séparer l'une de l'autre au moyen de l'alcool.

Le troisième produit est visqueux. Il ne renferme, pour ainsi dire, que de la paranaphtaline, mais elle est accompagnée d'une matière visqueuse qui rend sa purification très-difficile.

Enfin, le quatrième et dernier produit ne se distingue du précédent qu'en ce qu'il est accompagné de cette substance jaune rougeâtre ou orangée qui se montre à la fin de toutes les distillations de cette espèce.

Pour extraire la paranaphtaline du second de ces produits, il suffit de le refroidir à 10° au-dessous de zéro. La paranaphtaline se dépose en grains cristallins; on la jette sur un linge pour l'exprimer et on la traite ensuite par l'alcool, qui dissout le reste de la matière huileuse, ainsi que la naphtaline, et qui laisse au contraire la paranaphtaline presque tout entière.

On soumet la paranaphtaline à deux ou trois distillations, et on l'obtient ainsi très-pure.

Le troisième et le quatrième produit exigent un traitement différent. On dissout le tout dans la plus petite quantité possible d'essence de térébenthine et on soumet cette dissolution à 10° de froid au-dessous de zéro (1). La paranaphtaline cristallise et peut se séparer facilement au moyen du linge. Exprimée et lavée à l'alcool, elle doit être purifiée par des distillations convenables.

Ainsi purifiée, la paranaphtaline n'entre en fusion qu'à 180°, tandis que la naphtaline fond à 79°. Elle ne bout qu'à une température qui est au-dessus de 300°, tandis que la naphtaline bout à 212°.

Cependant la paranaphtaline peut être distillée sans altération, ou du moins à chaque nouvelle distillation le volume du résidu charbonneux qu'elle laisse d'abord diminue à tel point qu'il finit par devenir presque inpondérable. Elle peut aisément se sublimer avant d'entrer en fusion. Elle se condense en cristaux lamelleux et contournés sans forme déterminable.

La paranaphtaline est insoluble dans l'eau. Elle se dissout à peine dans l'alcool, même bouillant, et s'en précipite en flocons, ce qui la distingue très-aisément de la naphtaline, qui se dissout en abondance dans l'alcool bouillant et qui s'en sépare en cristaux volumineux. L'éther se comporte comme l'alcool. Le meilleur dissolvant de cette substance, c'est l'essence de térébenthine.

L'acide sulfurique concentré mis en contact à chaud

---

(1) On dissout préalablement la paranaphtaline dans l'essence de térébenthine pour qu'elle puisse cristalliser en grains un peu durs; sans cette précaution, elle ne pourrait pas se séparer par expression de la matière huileuse qui l'accompagne.

avec la paranaphtaline la dissout et prend une couleur vert sale due vraisemblablement à de légères traces de la matière orangée qui accompagne toujours la paranaphtaline. Comme cette matière orangée colore l'acide en jaune, il ne serait pas impossible que la paranaphtaline pût par elle-même communiquer une couleur bleue à l'acide sulfurique.

L'acide nitrique agit d'une manière remarquable sur la paranaphtaline; il l'attaque en dégageant d'abondantes vapeurs nitreuses et laisse un résidu qui se sublime, au moins en partie, en aiguilles contournées sans forme régulière.

L'analyse de la paranaphtaline a été faite bien souvent, et nous nous sommes attachés à purifier cette substance par de nouvelles distillations, après l'avoir analysée, afin de voir si la composition varierait. Voici les résultats de quatre analyses qui s'accordent entre elles et qui ne peuvent nullement se distinguer des analyses de la naphtaline, ou qui du moins ne se laissent pas représenter par une formule différente de celle qui paraît lui convenir :

	Matière.	Acide carbonique.	Eau.
I	0,400	1,350	0,215
II	0,400	1,355	0,210
III	0,400	1,356	0,229

	I	II	III
Carbone.....	93,38	93,73	93,80
Hydrogène....	5,96	5,82	6,37
	99,34	99,55	100,17

Dans la quatrième analyse, on n'a pas tenu compte

de la quantité de matière employée. On a obtenu 1,335 d'acide carbonique et 0,222 d'eau. Ce qui donne :

Carbone.....	93,8
Hydrogène...	6,2
	100,0

D'après ces nombres, le carbone et l'hydrogène se trouvent combinés dans le rapport de 5 atomes à 2,02, c'est-à-dire dans le rapport de 5 à 2, comme dans la naphtaline.

Pour compléter l'histoire de la paranaphtaline, il aurait fallu déterminer son poids atomique et la densité de sa vapeur ; mais, jusqu'à présent, la quantité de matière que nous avons pu nous procurer ne nous a pas permis de nous occuper de son poids atomique. Nous avons attaché quelque importance à prendre la densité de sa vapeur.

Comme la paranaphtaline n'entre en ébullition qu'au-delà de l'ébullition du mercure, l'expérience offrait quelque difficulté. Il fallait se servir du thermomètre à air, et l'on pouvait craindre d'élever trop ou trop peu la température. Le ballon qui renfermait la vapeur n'a été fermé que lorsque le dégagement était complètement arrêté. Voici les résultats :

	Poids de la vapeur...	0^{gr},677
	Capacité du ballon ..	180 cm. cb.
	Baromètre	0^{m},751
	Thermomètre.....	12,5
Therm. à air. —	Hauteur du mercure.	0^{m},116
	Mercure rentré.....	28,835
	Mercure total.....	62,520

La température avait donc été portée à 450° c. ; ramené à 0° et 0,76, le poids du litre de paranaphtaline serait égal à 8,758 ; la densité de sa vapeur deviendrait égale à 6,741. Or si l'on prend

15 volumes de carbone.....	6,3195
6 volumes d'hydrogène....	0,4128
On trouve	6,7323

nombre qui coïncide avec le précédent.

La paranaphtaline serait donc isomère avec la naphtaline, mais trois volumes de naphtaline n'en représenteraient que deux de paranaphtaline.

Cette condensation s'accorde avec la différence de volatilité qui existe entre les deux substances. La paranaphtaline moins fusible et moins volatile que la naphtaline, est plus condensée qu'elle, ou, en d'autres termes, possède une vapeur plus dense. Cette relation est assez générale, à quelques exceptions près, pour qu'on puisse en faire remarquer une nouvelle application.

La paranaphtaline et la naphtaline, l'hydrogène bicarboné ordinaire et le bi-carbure d'hydrogène découvert par M. Faraday, sont encore les seules substances isomériques volatiles dont on ait comparé les densités à l'état de vapeur.

Ces deux cas d'isomérie présentent une particularité qui pourrait bien offrir plus tard l'un des caractères les plus généraux de l'isomérie. Ainsi dans l'hydrogène carboné de Faraday, la condensation est double de celle que présente l'hydrogène carboné ordinaire, c'est-à-dire que les molécules du carbone et de l'hydrogène s'y trou-

vant dans le même rapport, il y en a deux fois plus dans l'un que dans l'autre. Cette circonstance suffit pour expliquer comment ces deux corps peuvent différer l'un de l'autre.

Dans la paranaphtaline, il y aurait une fois et demie plus de molécules de carbone et d'hydrogène sous le même volume que dans la naphtaline, ce qui suffit encore pour expliquer comment ces deux corps, quoique semblablement composés, peuvent néanmoins jouir de propriétés spécifiques distinctes.

Idrialine. La troisième substance dont je me propose de décrire les caractères était déjà connue des minéralogistes par une indication de M. Payssé. Ce chimiste, en décrivant les divers minerais de la mine à mercure d'Idria, en désigne un comme étant pourvu de la propriété de fournir, quand on le chauffe, une foule de paillettes cristallines. Ce minerai, probablement assez abondant à Idria, est fort rare dans les collections de Paris; ainsi, je n'ai pas pu en trouver un seul morceau dans la riche collection de l'École des Mines que l'on a bien voulu me permettre de visiter. Le Jardin du Roi n'en possédait qu'un morceau dont on n'a pu détacher que quelques fragmens insuffisans. J'ai été assez heureux pour en trouver deux échantillons dans la collection de l'École Polytechnique; ils m'ont fourni le moyen de tenter quelques expériences qui seront complétées par des chimistes plus heureusement placés que moi.

Les trois morceaux dont j'ai pu disposer différaient peu par l'aspect. Ils avaient toute l'apparence de la houille, sauf leur couleur brunâtre. L'un d'eux ne contenait pas de mercure; les deux autres des traces. Tous

les trois chauffés légèrement dans un tube ouvert aux deux bouts entraient en fusion et laissaient dégager une poussière cristalline très-abondante, et si légère qu'elle s'envolait au loin dans l'air. Cette poussière recueillie présente des lames contournées, sans forme déterminable, d'une légèreté extrême et sans couleur. C'est le nouveau carbure d'hydrogène que je désigne sous le nom d'*idrialine*, afin d'éviter une dénomination trop significative et qui pourrait changer plus tard.

Pour obtenir l'idrialine, il faut employer des précautions toutes particulières, car cette substance n'est pas volatile sans décomposition, comme la naphtaline et la paranaphtaline. Elle ne se volatilise même pas sans décomposition, dans le vide non plus que dans un courant de gaz. Voici comment je l'extrais.

Le minerai concassé étant mis dans une cornue tubulée dont le col, placé presque verticalement, plonge dans une éprouvette longue et étroite, je dirige un courant de gaz carbonique dans la cornue. Celle-ci chauffée peu à peu, le minerai entre en fusion, bout et fournit d'abord des vapeurs mercurielles et bientôt de l'idrialine en abondance. En continuant l'opération jusqu'à fondre la cornue, ce produit continue à se dégager jusqu'à la fin, sans qu'il apparaisse la moindre trace d'eau, de bitume ou d'huile.

Pour débarrasser l'idrialine du mercure qui se trouve disséminé dans les flocons qu'elle présente, on la dissout dans l'essence de térébenthine bien pure et bouillante. Par le refroidissement, l'idrialine se dépose si vite que la liqueur se prend en masse presque instantanément. Elle peut être isolée au moyen du filtre et en-

suite par la pression dans des doubles de papier joseph.

L'idrialine est, comme on voit, une substance volatile, mais ce n'est pas sans altération. Quand on essaie de la distiller, on en perd au moins les neuf dixièmes, même en opérant dans le vide ou dans un courant de gaz carbonique. L'idrialine est fusible, mais elle ne l'est qu'à une température si élevée, que l'on ne peut guère la faire entrer en fusion sans l'altérer.

L'idrialine n'est pas sensiblement soluble dans l'eau, même à la température de l'ébullition; elle l'est à peine dans l'alcool ou dans l'éther bouillans. Le seul dissolvant que je lui connaisse, c'est l'essence de térébenthine; encore l'idrialine ne se dissout-elle que dans l'essence de térébenthine bouillante et s'en précipite-t-elle presque entièrement par le refroidissement.

Ces divers caractères suffiraient déjà pour distinguer l'idrialine de tous les carbures d'hydrogène connus; mais l'action que l'acide sulfurique exerce sur elle est si remarquable qu'elle peut servir à en décéler les plus légères traces. En effet, quand on chauffe l'acide sulfurique avec l'idrialine, cet acide la dissout et acquiert une belle teinte bleue analogue à celle du sulfate d'indigo.

J'avais si peu d'idrialine à ma disposition, que je n'ai pu en consacrer qu'une quantité bien faible à l'analyse; toutefois il n'est pas douteux pour moi que c'est un carbure d'hydrogène entièrement exempt d'oxigène ou d'azote. M'étant bien assuré de ce résultat, j'ai fait une expérience analytique où je me suis attaché à recueillir l'eau et l'acide carbonique avec le plus grand soin. Je les ai obtenus dans le rapport de 0,080 d'eau et 0,594 acide carbonique; ce qui donne :

Carbone.....	164,35	94,9
Hydrogène....	8,88	5,1
	173,23	100,0

Ce qui établirait pour la composition de l'idrialine 3 at. de carbone pour 1 at. d'hydrogène.

La facilité avec laquelle l'idrialine se dégage du minerai de mercure qui la renferme devait faire penser qu'elle s'y trouvait toute formée. En considérant qu'elle s'en dégage seule, pure, sans eau, sans goudron, sans huile et sans autre gaz qu'un peu d'hydrogène sulfuré provenant de la décomposition du sulfure de mercure, on se trouvait confirmé dans cette présomption.

Cependant j'avais à cœur d'éclaircir entièrement la question, et j'ai tenté avec plein succès les expériences suivantes.

L'essence de térébenthine bouillante enlève quelque chose au minerai pulvérisé, car elle laisse par l'évaporation des cristaux semblables à ceux que l'idrialine fournit. L'alcool lui-même bouillant se charge d'un peu d'idrialine quand il est en contact avec le minerai pulvérisé. Pour le démontrer, il suffit de filtrer et d'évaporer l'alcool; il laisse pour résidu quelques paillettes nacrées; on lave ces paillettes avec un peu d'eau froide; on les met en contact avec l'acide sulfurique chaud, et sur-le-champ la belle teinte bleue que l'idrialine développe avec cet acide se fait apercevoir.

Sans doute que l'éther se comporterait de la même manière, mais j'ai dû conserver le peu de minerai qui me restait encore pour que MM. les Commissaires de

l'Académie pussent répéter cette expérience décisive.

L'ensemble de ces résultats rend si probable la préexistence de l'idrialine dans le minerai d'Idria, qu'il me semble plus que jamais possible que la naphtaline se trouve elle-même toute formée dans la houille.

Les expériences de M. Reichenbach ne peuvent pas infirmer ce point de vue. Il se fonde surtout en effet sur la production de naphtaline qu'il a remarquée dans la distillation de diverses matières végétales ordinaires. Mais il serait bien possible que la naphtaline, sans faire partie des plantes qui ont donné naissance à la houille, se fût produite sous les influences géologiques qui les ont altérées de manière à les ramener à cet état.

Les géologues tireront quelque jour, je n'en doute pas, des conséquences utiles pour apprécier la pression et la température initiale des divers produits bitumineux, de l'existence de ces carbures d'hydrogène si variés et si diversement condensés qui semblent déposés dans les divers terrains comme des indicateurs dont il ne reste plus qu'à retrouver l'échelle.

Les expériences contenues dans cette première partie, et celles que renfermera la suite de mon mémoire sur ce sujet, jetteront peut-être quelque lumière sur cette question qui ne tardera pas à devenir d'un intérêt général.

Recherches *sur la Forme des Atomes ;*

Par A. Baudrimont, D. M. P.

Lorsqu'un grand nombre de faits appartenant à plusieurs sciences sont d'un ordre nouveau, ou bien exigent de nouvelles théories pour être expliqués, il est extrêmement difficile de les publier dans des mémoires séparés, parce que ce qui est conviction pour l'auteur n'est jamais prouvé pour le lecteur. C'est cette grande difficulté qui a pu jusqu'à présent m'empêcher de mettre au jour une multitude d'observations se rattachant à une théorie générale qui n'est démentie par aucun des faits qui me sont connus. C'est encore en raison de cette grande difficulté que je prie ceux qui voudront me prêter quelque attention, de ne point juger mon opinion avant d'avoir lu plusieurs mémoires que je dois publier d'une manière successive.

De la cristallisation en feuilles de fougère.

En faisant cristalliser du bismuth, j'aperçus à la surface de ce métal en fusion des lignes qui apparaissaient à mesure qu'il se solidifiait. Ces lignes prirent entre elles l'arrangement connu sous le nom de feuilles de fougère. Elles étaient plus régulières, mais moins prononcées que celles que l'on observe chez l'antimoine. Des lignes disposées parallèlement se joignaient avec d'autres lignes semblablement arrangées, ou faisant entre elles des an-

gles d'environ 120°. Les sommets de plusieurs angles se trouvant souvent dans une même direction, formaient des lignes beaucoup plus apparentes que les précédentes. La figure 42 représente cet arrangement; A C B sont de petites lignes, ainsi que toutes leurs parallèles C D et la ligne formée par la réunion des angles dans une même direction. Je donnerai le nom de principale à cette ligne pour éviter des périphrases.

Dans quelques endroits, trois des lignes principales se réunissaient entre elles en formant aussi des angles d'environ 120°, de manière que l'ouverture des angles formés par les petites lignes regardait le point de réunion de ces lignes principales. Par cette disposition, les petites lignes venant à se joindre dans une même direction, formaient encore trois autres lignes que j'appellerai secondaires, un peu moins apparentes que les principales, et souvent continuées dans la même direction au-delà du point de réunion. Il résultait de la jonction des petites lignes une multitude d'hexagones circonscrits, traversés par trois diagonales, dont la moitié de chacune d'elles ne ressemblait pas à l'autre moitié, ainsi que le représente la figure 43.

Je fus d'abord étonné de rencontrer sur du bismuth, que l'on sait cristalliser en cube, une figure géométrique qui paraissait être la base d'un prisme hexaèdre appartenant au système rhomboédrique; mais je pensai bientôt que ces hexagones pouvaient être la projection horizontale de cubes dont un axe serait perpendiculaire à la surface en observation. Cela fut vérifié à l'instant.

Je fis écouler le métal encore en fusion au centre de la masse; ensuite, au moyen d'une scie, j'en détachai

la partie supérieure, et je la vis tapissée de trémies cubiques ayant effectivement un axe perpendiculaire à la surface dont il est question.

En examinant les hexagones superficiels avec plus d'attention, je m'aperçus que les diagonales ne faisaient pas toujours entre elles des angles égaux, que les angles égaux n'étaient pas opposés par le sommet, et que, par conséquent, les diagonales changeaient de direction en passant par le point de leur commune section. J'attribuai ce fait à ce que l'axe de la trémie correspondante n'était pas exactement perpendiculaire à l'hexagone; c'est ce qui était encore vrai. Je recherchai si les lignes principales ne correspondaient point aux angles des trémies dont les arêtes étaient supérieures, et si les lignes secondaires ne correspondaient point aux angles dont une des faces était supérieure. Cela fut vérifié pour quelques unes. D'autres étaient dans une direction opposée, ce qui tenait probablement à l'épaisseur de la couche de bismuth, qui permettait au plan de clivage de changer de direction.

Il résulte de cette observation que des cristaux cubiques sont susceptibles de former une figure hexagonale; mais on n'a pas encore vu le bismuth prendre la forme d'un prisme. Je ne regarde pas le fait comme impossible. Si ce prisme se rencontrait, son axe serait parallèle à celui des cubes constituans, et les modifications qu'il pourrait éprouver seraient en relation avec le cube. Dans toute autre forme dérivée ou génératrice de ce prisme, les molécules cubiques conserveraient la position qui vient d'être indiquée; c'est effectivement ce qui a lieu : on a rencontré du bismuth cristallisé en rhom-

boèdre, mais en rhomboèdre tel qu'il peut être construit avec un octaèdre régulier et deux tétraèdres appliqués sur deux de ses faces opposées, *seul rhomboèdre que puisse affecter un corps simple.* Si on considère maintenant qu'un cube formé d'une multitude d'autres cubes plus petits, soit tronqué perpendiculairement à chacune des extrémités de ses quatre axes, il en naîtra un octaèdre, et nécessairement les axes des petits cubes seront aussi perpendiculaires aux surfaces triangulaires de cet octaèdre. De même un tétraèdre dérivant du cube par la troncature de quatre de ses angles solides, faite à une seule extrémité de chacun de ses axes, il arrive encore que les axes des petits cubes sont perpendiculaires aux faces du tétraèdre et parallèles à une ligne tirée d'un des angles trièdres de ce solide sur une de ses faces. Si l'on accole cette face à celle d'un octaèdre, que l'on place un autre tétraèdre dans une direction tout-à-fait opposée, il en résultera un rhomboèdre dont l'axe sera parallèle à l'un des axes de chacun des cubes constituans, et dont chaque face sera perpendiculaire à l'un des axes de ces mêmes cubes.

Il résulte des faits précédens que la cristallisation en feuilles de fougères appartient au système cubique; que les cristaux, ou plutôt les trémies cubiques qui se forment à la surface du bain métallique, ont ordinairement un axe perpendiculaire à cette surface. J'ajoute que ceux qui se forment au-dessous des précédens, semblent au contraire avoir leurs faces disposées à peu près parallèlement à celles du vase qui renfermait le métal en fusion.

DES TRÉMIES.

Des trémies à base carrée.

Les trémies du sel marin représentent une pyramide obtuse. De la base au sommet on y remarque des espèces de gradins, et l'on voit sans beaucoup d'attention que chacun de ces gradins est une fois plus large qu'il n'est élevé (voyez la fig. 44); cette forme correspond exactement au décroissement par deux rangées de molécules sur les arêtes d'un cube, et l'on voit ici l'observation confirmer les données théoriques de l'immortel Haüy. En effet, six de ces trémies égales entre elles, appliquées les unes contre les autres par leurs arêtes, leur sommet étant placé en dehors, produiraient le cube pyramidal de ce savant; seulement les faces de ce solide, au lieu d'être lisses, présenteraient des gradins indiquant le genre de décroissement.

Le bismuth ne présente point ces pyramides isolées, mais des cubes creusés sur leurs faces par des cavités telles qu'il en pourrait résulter de l'empreinte des trémies du sel marin, leur sommet regardant le centre du cube. D'autres fois les trémies du bismuth ressemblent assez bien à l'ornement que les architectes appellent une *grecque*. Dans tous les cas, les bords qui encadrent ces trémies, soit celles du sel marin, soit celles du bismuth, appartenant au cube, sont réunis à angles droits.

On a pu facilement remarquer qu'il existait un certain rapport entre la forme des trémies et celle des molécules intégrantes ou celle des molécules constituantes, et dès à présent je pose cette loi : lorsque les trémies

appartenant au système cubique ont une base carrée, cette base est parallèle à deux des faces des molécules cubiques, constituantes ou intégrantes. Effectivement les molécules ayant une face parallèle à la base de la trémie, ne peuvent se réunir que par l'application des autres faces, et par conséquent sous des angles droits.

Trémies à base triangulaire ou hexagonale.

En faisant cristalliser du nitrate de plomb ou du nitrate de baryte qui, tous deux, cristallisent ordinairement en octaèdre régulier, il n'est pas rare de rencontrer des trémies creuses et triangulaires, correspondant aux faces des octaèdres. Cela prouve évidemment que les molécules cubiques intégrantes, formant cet octaèdre, ont un axe perpendiculaire à cette face triangulaire; car dans une autre position elles ne pourraient donner lieu à un encadrement régulier et triangulaire. On voit que Haüy avait encore raison de considérer un octaèdre comme étant formé de petits cubes disposés ainsi qu'il vient d'être dit. Différentes combinaisons, comme le sulfure de plomb et le fer sulfuré pyriteux, pouvant affecter la forme cubique et la forme octaédrique, il est évident que leur molécule intégrante est cubique, et que, sans varier de forme, elle a pu donner naissance à un octaèdre. Les petites saillies que l'on observe à la surface de l'octaèdre de la pyrite jaune semblent réellement indiquer une agglomération de cubes présentant un angle solide perpendiculaire à cette surface, ainsi que d'autres l'ont déjà fait remarquer.

En examinant les trémies octaédriques, on en trouve

qui ont une base hexagonale ; cela arrive lorsque l'octaèdre n'a pas pris tout son accroissement ; la base triangulaire se trouve coupée vers les angles par trois faces de l'octaèdre. Les molécules cubiques conservent toujours la même position relativement à cette base, qu'elle soit triangulaire ou hexagonale, et cela est exactement en rapport avec l'observation des feuilles de fougère.

Nous posons cette autre loi : toutes les fois qu'une trémie a pour base un triangle équilatéral ou un hexagone régulier ou symétrique, cette base est perpendiculaire aux axes des cubes constituans. Cette loi généralise plus que les observations précédentes ne l'indiquent. Nous verrons pourquoi dans la suite de ce mémoire.

Il existe toujours une relation entre la forme de la base d'une trémie et la position des molécules qui la constituent. Pour qu'une trémie soit régulièrement encadrée, il faut que chacun de ses côtés soit en rapport avec une partie semblable des cubes élémentaires. Il n'en est pas de même pour une trémie symétriquement encadrée, comme nous le verrons plus tard.

Je puis dire *à priori* que la facette triangulaire qui naîtrait par la section d'un angle solide quelconque d'un prisme à base rhomboïdale ne donnerait jamais naissance à une base de trémie, parce qu'elle correspondrait aux arêtes des cubes constituans ou à celles des parallélipipèdes intégrans, et que, par conséquent, la trémie n'aurait pas ses trois côtés en rapport avec les parties homologues des cubes élémentaires, et qu'elle ne pourrait être encadrée. J'en puis dire autant du dodécaèdre rhomboïdal, toutes les faces correspondant aux arêtes des cubes intégrans ou constituans. Les six angles té-

traèdres du dodécaèdre correspondant aux faces des cubes pourraient, par une modification donnant naissance à une facette, présenter une trémie carrée, tandis que les huit angles trièdres correspondant à un axe des cubes, étant modifiés par une facette, pourraient donner naissance à une trémie triangulaire.

(*La suite au prochain numéro.*)

Note *sur la Composition de l'Alliage qui forme la cloche d'argent renfermée dans le beffroi de Rouen;*

Par M. J. Girardin, prof. de chimie, etc.

(Lue à l'Académie royale des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen, le 7 juillet 1831) (1).

Messieurs,

Tout ce qui se rattache d'une manière plus ou moins directe aux antiquités de notre ville, excite votre attention à un haut degré. Vous accueillerez donc, je pense, avec quelque intérêt, la note que je vais avoir l'honneur de vous lire sur la composition chimique du métal de la cloche du beffroi de Rouen.

Cette cloche, sur l'ancienneté de laquelle les historiens

---

(1) Extrait du *Précis analytique des travaux de l'Académie royale des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen, pendant l'année* 1831.

n'ont que de vagues données, est connue sous le nom vulgaire de *cloche d'argent*, et pas un bourgeois de notre ville ne met en doute qu'elle ne renferme une grande quantité d'argent, comme semble l'indiquer cette dénomination. Dans le mois d'avril 1830, M. le maire m'invita à faire l'analyse du métal qui la compose, ce fonctionnaire désirant savoir si le son particulier qu'elle répand lorsqu'elle est mise en branle est une conséquence de sa constitution chimique. J'acceptai la proposition de l'autorité municipale avec d'autant plus de plaisir, que, depuis long-temps, je cherchais l'occasion de m'assurer si, comme on le pense généralement, les cloches anciennes renferment des métaux précieux, métaux qui auraient été ajoutés par les fondeurs dans l'intention d'embellir leur son. M. Deleau, architecte ordinaire de la ville, eut la complaisance de me conduire au beffroi de la grosse horloge, et de mettre à ma disposition plusieurs grammes du métal qu'il fit enlever aux parois de ce grand corps sonore. Je fus accompagné dans cette visite au beffroi par nos honorables confrères MM. Licquet, Auguste Le Prevost et Ballin. Ce dernier académicien vous a rendu compte, dans la séance du 23 avril 1830, des résultat de cette exploration archéologique, qui lui a fourni l'occasion de relever avec exactitude l'inscription du bas de l'escalier de ce beffroi, que les historiens de la ville de Rouen n'ont rapportée qu'imparfaitement, et celle de la cloche d'argent qui paraît n'avoir été citée par aucun d'eux.

D'après l'inscription qui se voit sur le listel de cette cloche, il est bien évident aujourd'hui que celle-ci n'est pas la même que la cloche nommée *Rembol*, dont Char-

les VI gratifia deux de ses pannetiers, pour punir les Rouennais d'une insurrection qui éclata en 1390. Il en résulte que toutes les hypothèses qu'on a successivement émises sur l'origine du nom de *cloche d'argent*, hypothèses faites dans l'opinion que notre cloche actuelle est le *Rembol* de cette époque, sont sans aucun fondement.

Quoi qu'il en soit, voici les dimensions de cette cloche. Je dois ces renseignemens, ainsi que la figure que j'ai l'honneur de mettre sous vos yeux, à l'obligeance de M. Deleau.

Elle a trois pieds trois pouces de hauteur à partir de l'ouverture inférieure jusqu'à la naissance des anses qui surmontent le *cerveau* ou partie supérieure. Sa plus grande largeur est de quatre pieds. Le cerveau a un diamètre intérieur de deux pieds quatre pouces six lignes. Les parois, dont l'épaisseur est de trois pouces trois lignes à l'ouverture inférieure, région où frappe le battant, n'ont plus qu'un pouce une ligne au cerveau. Son battant a deux pieds onze pouces de longueur; il est en fer et suspendu à une forte lanière en cuir.

La portion du métal qui a été enlevée à cette cloche à l'aide de la lime, présente tous les caractères extérieurs de la limaille de bronze. Sa composition chimique diffère très-peu de celle du métal des cloches modernes. En effet, à l'aide des procédés analytiques très-simples et habituellement usités dans de pareils cas, ce qui me dispense d'entrer dans aucun détail à cet égard, je n'ai reconnu dans cet alliage que du cuivre, de l'étain, dans des proportions très-rapprochées de celles du métal des cloches actuelles, plus un peu de zinc et de fer. Voici, au reste, les résultats numériques de mon analyse.

Sur cent parties en poids, le métal de la cloche d'argent se compose de

Cuivre.....	71
Étain.....	26
Zinc.....	1,80
Fer.....	1,20
	100

Les cloches françaises modernes sont généralement formées d'un alliage composé de

Cuivre.....	78
Etain.....	22

Parfois on y trouve des métaux étrangers, tels que fer, zinc, plomb, etc., en quantités variables. Ces métaux n'ont d'autre objet reconnu que celui de diminuer le prix de l'alliage, c'est-à-dire d'augmenter les bénéfices des fondeurs.

On voit, par cette comparaison, qu'il n'y a pas une très-grande différence, sous le rapport de la nature chimique, entre la cloche du beffroi de Rouen et les cloches modernes. Le fer et le zinc que j'ai trouvés dans la première sont en si faible proportion, qu'on doit les considérer comme accidentels à sa composition. Ils proviennent, sans aucun doute, du cuivre dont le fondeur a fait usage; car le cuivre du commerce est rarement exempt de ces deux métaux. On ne peut supposer que le zinc ait été ajouté à dessein, puisque ce métal a été indiqué pour la première fois par Paracelse, qui mourut en 1541, et que la cloche du beffroi paraît être bien antérieure à cette époque. D'ailleurs, ce n'est guère que de-

puis un siècle que le zinc est devenu très-commun et qu'on a commencé à l'employer dans les arts. D'un autre côté, l'on sait que le *cuivre gris*, une des espèces minéralogiques du cuivre le plus abondamment répandues et exploitées, est toujours accompagné de sulfure de zinc, et que presque toutes les autres espèces de la même famille sont mélangées de sulfure de fer, notamment le *cuivre pyriteux*, qui est une combinaison, à proportions égales, de sulfure de cuivre et de sulfure de fer. Il n'est donc pas étonnant que le cuivre du commerce renferme ordinairement de petites quantités de ces deux métaux étrangers, et que, par suite, on en trouve dans les objets fabriqués avec le premier.

La cloche du beffroi, d'après mon analyse, ne contient donc pas un seul atome d'argent, et il est très-vraisemblable que les autres cloches coulées à cette époque et antérieurement n'en renferment pas davantage. Cependant il est bien constant que, lors de la fonte de ces corps sonores, on introduisait une assez grande quantité de ce métal précieux dans le bain, dans l'intention de leur communiquer un son clair et pur, et cette croyance sur l'utilité de l'argent dans cette circonstance, s'est perpétuée jusqu'à nos jours, car elle fait encore partie de ces nombreux préjugés qui circulent dans tous les rangs de la société.

Comment se fait-il donc que l'analyse chimique ne nous démontre pas plus de traces d'argent dans les cloches anciennes, où l'on en ajoutait, que dans les cloches modernes où l'on n'en met pas ? La cause de cette singularité doit exciter vivement votre curiosité, Messieurs ; l'explication que je vais en donner, d'après l'autorité

d'un chimiste connu, va la satisfaire complètement, tout en faisant naître votre admiration pour l'adresse merveilleuse des fondeurs de cette époque.

Vous connaissez tous, Messieurs, l'ancien usage de bénir les cloches et de leur donner un parrain. Alors, comme aujourd'hui, les personnes de haut rang ou distinguées par leur piété recherchaient avec empressement l'honneur de tenir les cloches sur les fonts baptismaux; mais, non contentes de cette distinction, elles voulaient donner des marques de leur générosité ou de leur dévotion, en offrant à la paroisse la quantité d'argent nécessaire à embellir, comme on le croyait et comme le faisaient entendre les fondeurs, le son de la cloche. Toutes les dames de l'endroit s'empressaient de s'associer à cette œuvre de vanité plutôt que de vraie dévotion, en ajoutant quelques pièces de leur argenterie, en sorte que souvent une immense quantité d'argent travaillé était apportée dans l'atelier où devait s'opérer la fonte de l'alliage. Les donateurs et parrains étaient invités à plonger dans le four, et de leurs propres mains, l'argent qu'ils consacraient à cette opération; néanmoins, malgré la publicité donnée à la fonte des cloches, il ne s'y trouvait pas plus d'argent après leur confection qu'il n'y en avait dans les métaux employés par les fondeurs. Voici comment ces derniers, tout aussi habiles que leurs successeurs, savaient profiter d'une erreur qui les enrichissait.

Le trou ouvert sur le haut du fourneau, et destiné à l'introduction de l'argent, était pratiqué directement au-dessus du foyer, et cette partie du fourneau à réverbère, comme le savent toutes les personnes qui ont visité les

ateliers dans lesquels on travaille les métaux, est séparée de la sole du four sur laquelle les matières sont mises en fusion. Il résultait de la disposition de ce trou, qui servait aussi à l'introduction du combustible, que la totalité de l'argent que l'on y projetait, au lieu d'être introduite dans le bain de bronze liquefié, tombait directement dans le foyer, coulait et allait ensuite se rassembler dans le fond du cendrier, d'où le fondeur s'empressait de le retirer une fois la cérémonie terminée et l'atelier désert.

Vous voyez, Messieurs, que les fondeurs anciens, plus instruits et plus fins que leurs concitoyens, savaient exploiter adroitement leur crédulité, et mettaient en pratique ce vieil adage d'Horace, qui sera sans doute applicable à tous les temps : *Vulgus vult decipi, decipiatur!*

Il n'est donc pas étonnant que les cloches anciennes n'offrent pas plus d'argent dans leur composition que celles fabriquées de nos jours. Leur timbre, quoi qu'on en dise, n'est pas plus beau que celui de ces dernières, et si quelqu'un avait quelques droits de se plaindre de l'abolition d'une coutume aussi inutile que coûteuse, ce ne serait assurément que les fondeurs de notre époque.

Pour en revenir à notre cloche d'argent, je ne crois pas que la petite différence qu'elle présente, dans les rapports du cuivre et de l'étain avec les autres cloches, influe sur la nature du son clair et retentissant qu'elle répand. Celui-ci doit tenir plus vraisemblablement à sa forme et à l'état d'homogénéité de ses parties.

Le surnom de *cloche d'argent* donné au *Rouvel* renfermé dans le beffroi a fait naître bien des suppositions

plus ou moins hasardées, et il embarrasse encore beaucoup nos antiquaires. Notre estimable confrère M. Ballin dit, dans sa notice que je vous ai rappelée en commençant, qu'on peut l'attribuer soit au *son argentin* qu'il a lorsqu'on le met en volée, soit à quelque circonstance analogue à celle qui a fait appeler *tour de beurre* l'une des tours de la cathédrale. Cette dernière hypothèse est plus vraisemblable que la première; mais ne pourrait-on pas trouver l'origine de cette dénomination dans ce qui a pu se passer au moment de la fabrication de cette cloche? Un tocsin destiné, comme le *Rouvel*, à servir dans toutes les circonstances solennelles, a dû être fondu et coulé avec une grande pompe. Les bourgeois les plus distingués de la ville ont dû briguer l'honneur de contribuer à la beauté de son timbre; et si, lors de la fonte des cloches ordinaires de paroisse, les parrains et les fidèles faisaient don de grosses sommes d'argent, il est permis de supposer, avec quelque apparence de raison, que les présens offerts aux échevins de la ville pour embellir le son du *Rouvel*, ont été magnifiques et considérables. Ne serait-ce pas alors à cause de cette grande quantité d'argent qu'on supposait avoir entré dans la préparation de l'alliage, tandis qu'il passait dans la cassette du fondeur, que le nom de *cloche d'argent* aura été donné à ce grand corps sonore? Cette opinion ne me semble pas dénuée de toute vraisemblance : cependant, Messieurs, je la soumets à votre sagacité, et ne la soutiens qu'avec la défiance que mon peu de lumières en fait d'archéologie doit m'inspirer.

Examen *de la Boue noire provenant des égouts ;*

Par M. Henri Braconnot.

Le curage des égouts de Nancy était devenu indispensable. Plusieurs personnes s'alarmèrent des dangers qui pouvaient en résulter pour la salubrité publique, au moment où le choléra-morbus apparaît dans notre ville. Pour apprécier jusqu'à quel point cette opinion était fondée, je me suis chargé d'examiner la boue que l'on trouve au fond des égouts. Cette curure, comme on le sait, est d'une odeur marécageuse et d'une couleur noire très-foncée, que j'avais cru devoir attribuer à des matières organiques dans un état de décomposition très-avancée ; mais je ne tardai pas à m'apercevoir qu'elle était due à une tout autre cause. En effet, cette couleur qui se conserve indéfiniment sous l'eau est entièrement anéantie par le contact de l'air, même avant l'entière dessication de la vase, laquelle perd aussi rapidement son odeur, et ne diffère plus alors sensiblement pour la nuance de la terre sablonneuse arable ordinaire.

La boue noire dont il s'agit mise en contact avec l'acide hydrochlorique affaibli, finit aussi par se décolorer entièrement en produisant une vive effervescence due à un dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène sulfuré. La liqueur superstagnante retient en dissolution du fer et de la chaux ; d'où il résulte que la matière colorante de cette boue est due à du sulfure de fer dont la composition paraît être proportionnelle au peroxide de

ce métal. D'ailleurs cette même boue après sa dessication ne produit presque plus d'hydrogène sulfuré avec les acides, et répand une odeur sulfureuse étant exposée à la chaleur, ce qui ne peut être attribué qu'à la conversion de ce sulfure noir en peroxide de fer et en soufre. Il paraît évident que le sulfure ferrique qui colore les boues en noir a été produit par le contact du gaz hydrosulfurique résultant de la décomposition des matières organiques avec le fer peroxidé contenu en plus ou moins grande quantité dans les matières terreuses. Je crois cependant devoir faire observer que la plupart des corps qui se trouvaient accidentellement dans cette vase noire, tels que des os d'une assez grande dimension, du bois, des pierres calcaires d'une texture serrée et cristalline et même des cailloux, étaient entièrement ou presque entièrement pénétrés du même sulfure de fer qui leur donnait une couleur noire très-foncée. Je n'ai pu reconnaître sur aucun de ces échantillons la pyrite cristallisée, cependant j'ai eu occasion de rencontrer ce persulfure de fer en beaux cristaux d'un jaune doré, tapissant des morceaux de bois à demi pourri, rejetés au bord d'une rivière sur laquelle de temps immémorial on fait flotter ce combustible.

Les boues terreuses des latrines, fossés, ruisseaux, étangs, mares, doivent sans doute aussi leur couleur plus ou moins foncée au sulfure de fer, ainsi que le sable noir fétide que l'on rencontre sous les pavés.

La boue des égouts donne par la lévigation une matière ténue qui ressemble au dépôt de l'encre; mise en ébullition avec de l'eau, elle la colore à peine, et par l'évaporation de la liqueur filtrée, il reste une petite

quantité d'une matière animale jaunâtre, inodore, facilement soluble dans un peu d'eau froide, d'où elle est précipitée en blanc fauve par l'infusion de galle et par le nitrate d'argent. Cette matière, après sa combustion, donne quelques indices de muriate de soude.

La partie ténue de la boue noire des égouts traitée par une légère dissolution de potasse caustique bouillante n'a point dégagé d'ammoniaque. La liqueur filtrée était brune. Si on en fait tomber une goutte sur une lame d'argent, elle y forme une tache noire de sulfure d'argent. En versant dans cette liqueur un acide, il se dégage de l'hydrogène sulfuré, et il se précipite une matière animale en flocons d'un jaune brunâtre. Bien lavée, elle réagit sur le papier de tournesol à la manière des acides faibles, et sature les alcalis.

La solution dans l'ammoniaque affaiblie laisse après l'évaporation à sec une combinaison vernissée, brunâtre, soluble dans l'eau froide et rougissant le tournesol.

La même matière précipitée de sa dissolution alcaline par un acide, est peu soluble dans l'eau bouillante, quoiqu'elle lui communique une couleur brunâtre.

A la distillation elle fournit beaucoup d'huile empyreumatique, ainsi qu'un produit ammoniacal sulfureux, et il reste un charbon qui fournit après sa combustion une grande quantité d'oxide de fer.

Nancy, le 17 juin 1832.

Bulletin *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 5 *mars* 1832.

Communications manuscrites. Description d'un porte-caustique courbe et d'un lithotriteur courbe, par M. Ségalas; Recherches et observations chimico-géorgiques, tant sur le lait bleu que sur la nature des sols; Mémoire sur la lithotritie appliquée aux calculs existans avec rétention d'urine; Lettre de M. Lassis sur les épidémies; Lettre de M. Dumas sur les éthers; Observations sur les roches volcaniques des Corbières, par M. Tournal; Nouvelles remarques sur la constitution géologique de la vallée de Fécamp, près de Paris, par M. Doë.

Rapports. Rapport verbal sur une lettre de Scarpa à Weber concernant la cause qui fait que le grand sympathique n'est pas soumis à la volonté.

Lectures. Observations sur le chlore, par M. Sérullas; Mémoire sur la courbure des surfaces, par M. Poisson; Mémoire sur les serpens venimeux du Bengale, par M. Lamare-Piquot.

Lundi 12 *mars.*

Communications manuscrites. Mémoire sur le classement méthodique du genre pourpre, par M. Duclos; Paquet cacheté de M. Galtier; Observations sur la température de l'intérieur de la terre, faites dans les mines de toutes les parties de la monarchie prussienne, présen-

tées par M. de Humboldt ; Mémoire sur les montagnes de l'Asie boréale, par M. Adolphe Erman.

Rapports. Rapport favorable sur le fardier de M. Fayard.

Lectures. Observations sur l'hétérogénéité électrique des substances organiques qui sont à l'état de superposition dans les globules sanguins, par M. Dutrochet ; Mémoire sur les greffes, par M. Soulange Bodin ; Mémoire sur la transformation de l'acide hydrocyanique et des cyanures en ammoniaque et en acide formique.

Lundi 19 *mars.*

Communications manuscrites. Lettre de M. Libri sur l'intégration complète des équations aux différences partielles du premier ordre et à deux variables ; Lettre de M. Delpech, qui prétend que le choléra-morbus est dû à une inflammation du plexus solaire ; Lettre de M. Heurteloup qui réclame contre une note de M. Leroy d'Étiolle relative aux inventeurs de quelques modifications des instrumens de lithotritie.

Nomination. M. Lechevalier se présente comme candidat à la chaire de physique vacante à l'École Polytechnique.

Séance du 26 *mars.*

Communications manuscrites. Paquet cacheté de M. Savary ; Paquet cacheté de M. Penot de Mulhouse ; Mémoire de M. Roguette sur un pessaire de son invention ; Mémoire sur les causes de la chaleur thermale, par M. Marchant ; Diverses lettres de M. Jaquemont, écrites de Cachemire.

Rapports. Rapport de M. Navier sur les nouvelles expériences de M. Morin relatives au frottement ; Rapport de M. Sérullas sur le Mémoire de M. Pelouze concernant la transformation de l'acide hydrocyanique et des cyanures en ammoniaque et en acide formique.

Lectures. Note de M. Sérullas sur la production de l'acide iodique au moyen de l'acide nitrique saturé de deutoxide d'azote ; Mémoire sur les pourpres et les genres voisins, par M. Blainville ; Mémoire sur l'emploi de l'hydrogène sulfuré pour la destruction des animaux nuisibles.

Nomination. Le scrutin pour la désignation d'un candidat à la place de professeur de physique à l'École Polytechnique, a donné : M. Lamé 43 suffrages, M. de Monferrand 3, M. Lechevalier 1.

Séance du lundi 2 avril.

Communications manuscrites. Lettres de MM. Coster, Martin Saint-Ange, Manuel, Chabonier, Lassis, Pinel, Fabré Palaprat et Chaponnier, sur le choléra-morbus ; Observations sur les méthodes de longitudes, par M. Richard.

Rapports. Rapport verbal de M. Latreille sur un ouvrage de M. Duponchel relatif aux papillons.

Lectures. Mémoire sur la force de contraction propre des veines principales, par M. Flourens ; Mémoire de M. Cuvier sur le développement des œufs de la seiche ; Mémoire sur la gélatine considérée comme aliment, par M. Edwards.

Nominations. Nomination, sur la proposition de

M. Magendie, d'une commission qui fera l'analyse de l'air à l'occasion de l'invasion du choléra dans la capitale; commissaires : MM. Gay-Lussac, Thenard, Magendie et Sérullas.

Le lundi 9 avril.

Communications manuscrites. Lettres et mémoires sur le choléra, par MM. Isidore-Bourdon, Heurteloup, Castéra, Scoutetten, Audouard, Piorry; Résumé des observations météorologiques faites en Afrique pendant les années 1830 et 1831, par MM. Roset et Levret; Lettre de M. Darcet sur l'emploi de la gélatine à l'hôpital Saint-Louis; Lettre de M. Margat qui s'offre pour aller en ballon chercher de l'air aux plus grandes hauteurs; Lettre de M. le Ministre du commerce qui invite l'académie à faire analyser le sang des cholériques; Mémoire de M. Emanuel Rousseau sur un nouveau cartilage du larynx; Lettre de M. Foulhioux qui réclame la priorité sur une partie des observations de Scarpa, concernant les rapports du nerf grand sympathique avec les nerfs intercostaux; Note sur une encre nouvelle propre à empêcher les faux, par M. Coulier.

Lectures. Sur un nouveau moyen de préparer l'eau oxigénée, par M. Thenard; Mémoire sur un nouveau passaire, par M. Deleau; Mémoire sur le choléra, par M. Kunzli.

Lundi 16 avril.

Communications manuscrites. Mémoires ou lettres de MM. Deserin, Lieber, Moreau de Jonnès, Coster, Lagasquie, Vive, Facquez, Masuyer, sur le choléra-morbus;

Mémoire de M. Saintourens sur la culture des forêts; Observations de M. Parent sur l'emploi du cyanure de mercure dans le traitement de la syphilis; Lettre de M. Constant-Prévost contenant diverses remarques sur la géologie; Lettre de M. Costello, de Londres, sur les nouveaux instrumens de lithotritie de M. Heurteloup; Paquet cacheté de M. Legrand, professeur de physique à Besançon; Lettre du Ministre du commerce qui invite l'Académie à lui présenter un candidat pour la place de professeur adjoint à l'École de Pharmacie de Paris.

Lectures. Recherches de M. Dureau de la Malle sur la consommation journalière moyenne en blé d'un individu de familles citadines ou agricoles, en France et en Italie, dans les temps anciens et à l'époque actuelle; Mémoire de M. Raucourt sur les travaux par économie établis au port de Toulon en 1819.

Lundi 23 avril.

Communications manuscrites. Lettres et communications sur le choléra, par MM. Roussel, de Sailly, Limouzin Lamotte, Le Bœuf, Guérin de Mamers, Mazuyer et Berny; Mémoire de M. Samuel Hook, sur l'emploi du muriate d'argent comme moyen d'augmenter la chaleur animale; Observations météorologiques faites à Tunis par M. Falbe, consul de Danemarck; Projet d'appareils pour secourir les naufragés, par M. Castéra; Mémoire sur les explosions des machines à vapeur, par M. Legrand.

Lectures. Mémoire de MM. Serres et Nonat sur le choléra-morbus de Paris; Mémoire de M. Duhamel sur

les vibrations d'un système quelconque de points matériels ; Mémoire sur les variations diurnes du baromètre, par M. Legrand.

Lundi 30 avril.

Communications manuscrites. Observations anatomiques et physiologiques sur les nerfs optiques, par M. Ozanam de Lyon ; Lettres sur le choléra, par MM. Kunzli, Coulier, Dominique Lenoir, Breuzin, Guérin de Mamers et Lassis ; Lettre de M. Constant-Prévost annonçant son retour ; Mémoire sur les moyens de guérir les polypes de l'urètre, par M. Nicod ; Sur un instrument perfectionné propre à broyer la tête de l'enfant mort dans les cas d'accouchement laborieux, par M. Baudelocque neveu ; Globes terrestres soufflés.

Lectures. Mémoire de M. Cagniard de la Tour sur une pierre, peut-être météorique, tombée dans sa cour; Pathologie philosophique, par M. Batigne ; Notice historique sur l'électricité, par M. Hachette; Sur la position de l'oreille dans les différentes races d'hommes, par M. Dureau de la Malle.

Séance du lundi 7 mai.

Communications manuscrites. Lettre du Ministre de la marine annonçant que M. Barral ramène du Rio de la Plata un indien charrua ; Lettre de M. Collart de Martigny contenant des observations sur le mémoire de M. Edwards relatif à la gélatine considérée comme substance alimentaire ; Note de M. Virey sur la position de l'oreille dans diverses races d'hommes; Lettres sur le

choléra de MM. Praum de Tirnaw, Harmoy et Mazuyer; Mémoire de M. le colonel Brousseaud sur l'arc du parallèle compris entre Cordouan et Fiume; Lettre de M. Kuppfer à M. Arago sur des observations magnétiques faites à Pékin par M. Fuss.

Lectures. Mémoire de M. Dumas sur les chlorures de soufre; Compte rendu par M. Arago des observations faites pendant le dernier passage de mercure sur le soleil.

Nomination. Le scrutin pour l'élection d'un candidat à la chaire vacante à l'École de Pharmacie a donné 23 voix pour M. Lecanu et 18 pour M. Henry.

Lundi 14 mai.

Le Président informe l'Académie de la perte irréparable qu'elle vient de faire dans la personne de M. George Cuvier, mort le 13 mai, au Jardin des Plantes, à 10 heures du soir.

Communications manuscrites. Lettres sur le choléra de MM. Brard, Kunzli, Roch Serise de Marseille, Mazuyer de Strasbourg et M. Ure de Glascow. Le chimiste anglais rend compte dans sa lettre de succès extraordinaires obtenus par le docteur Stevens, en essayant de rendre au sang des cholériques les sels qui ne s'y trouvent plus quand la maladie est déclarée, à l'aide de lavemens ou de potions salés; Notes sur le tachomètre, par M. Voizot; Note sur les globes soufflés de MM. Marin et Schmidt de Strasbourg, qui ont déjà obtenu pour cet objet un brevet d'invention depuis plus de 30 mois; Note de M. Benjamin Delessert sur les deux naturalistes voyageurs, MM. Goudot et Bertero. On a tout lieu de craindre que le dernier n'ait péri victime de son zèle.

Lectures. Mémoire de M. Tournal sur les roches volcaniques des Corbières.

Lundi 21 *mai.*

Communications manuscrites. Lettre du Ministre du commerce qui demande qu'on lui présente un candidat à la place de professeur actuellement vacante au Muséum d'histoire naturelle par la mort de M. Laugier; Dissertation sur l'orbite du soleil par M. Ludmilleo Korylsky, réfugié polonais; Mémoire sur les fonctions discontinues, par M. Guillaume Libri; Lettre de M. Simonin sur l'emploi du protoxide d'azote en nature dans le traitement du choléra; Mémoire de M. Valenciennes sur les coquilles rapportées par M. de Humboldt.

Lectures. Notice sur le transport des obélisques de Thèbes, par M. Dupin.

Nomination. La section de chimie présente MM. Sérullas, Dumas et Robiquet comme candidats à la place de professeur vacante au Muséum.

Lundi 28 *mai.*

Le Président annonce à l'Académie la perte qu'elle vient de faire par la mort de M. Sérullas.

Communications manuscrites. Lettre de M. Couverchel qui réclame la priorité d'invention quant à l'emploi du protoxide d'azote dans le traitement du choléra; Paquet cacheté de M. Baudelocque neveu.

Lectures. Mémoire de MM. Dureau de la Malle et Delorme sur le système métrique des Romains; Recherches sur la composition du minium, par M. Dumas; Mémoire sur les cavernes à ossemens de Miallet, près d'Anduze, par M. Marcel de Serres.

Nomination. M. Geoffroy-Saint-Hilaire se met sur les rangs pour remplacer M. Cuvier comme secrétaire perpétuel de l'Académie.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	746,72	+19,1	70	747,74	+17,5	70	748,23	+19,7	71	750,54	+14,2	90	+19,9	+13,5	Pluie.	O. S. O.
2	751,38	+14,5	80	750,65	+17,0	78	750,25	+18,3	82	749,66	+15,5	88	+18,3	+10,8	Couvert.	N. N. O.
3	748,13	+11,5	98	747,80	+12,7	92	747,09	+14,2	93	747,03	+13,4	96	+14,2	+11,0	Couvert.	N.
4	744,86	+17,4	90	744,72	+18,3	75	744,58	+20,0	60	744,70	+15,0	84	+20,0	+12,0	Couvert.	S. O.
5	746,00	+17,0	70	746,40	+18,0	65	746,32	+17,2	70	746,02	+11,5	90	+18,0	+11,0	Pluie fine.	S.
6	745,74	+19,0	60	744,97	+22,8	50	745,00	+17,5	70	748,00	+12,3	88	+22,8	+10,3	Très-nuageux.	S.
7	749,16	+17,5	74	749,24	+19,7	64	749,50	+20,7	60	750,30	+14,5	86	+20,7	+ 9,2	Nuageux.	S. O.
8	752,70	+16,8	85	753,12	+17,8	84	752,90	+20,0	72	754,54	+15,3	87	+20,0	+11,3	Couvert.	S. O.
9	755,28	+17,7	85	755,04	+19,7	80	754,20	+22,0	65	755,04	+14,5	90	+22,0	+12,0	Couvert	S. O.
10	755,67	+18,3	80	755,40	+21,3	64	754,90	+22,0	54	754,26	+15,5	66	+22,0	+12,3	Nuageux.	O.
11	751,78	+22,7	60	751,03	+26,5	62	749,87	+26,2	55	749,52	+20,0	75	+27,2	+12,5	Nuageux.	S. E.
12	746,66	+22,3	88	747,33	+24,0	76	746,94	+21,3	90	745,85	+18,8	98	+24,0	+17,8	Couvert.	S.
13	746,72	+24,2	95	746,27	+24,2	70	746,70	+23,5	75	750,48	+16,5	88	+24,2	+15,0	Couvert.	S. O.
14	752,46	+19,8	82	753,23	+21,0	74	754,37	+18,8	88	756,97	+14,3	88	+21,0	+14,0	Très-nuageux.	S. O.
15	758,30	+21,5	65	758,40	+20,0	64	758,07	+21,0	60	758,57	+15,5	84	+21,5	+13,7	Couvert.	S. O
16	759,65	+19,3	74	759,47	+21,0	62	759,10	+21,5	60	760,02	+16,3	80	+21,5	+12,0	Très-nuageux.	N. O.
17	759,80	+20,5	68	759,72	+22,5	70	759,09	+21,7	70	759,97	+15,7	88	+22,5	+12,2	Couvert.	O.
18	760,33	+21,3	55	759,80	+23,8	52	759,14	+23,0	50	759,68	+18,5	70	+23,8	+12,0	Nuageux.	N.
19	759,42	+26,7	60	759,05	+29,0	54	758,52	+26,7	53	758,20	+20,5	64	+29,0	+14,7	Couvert.	S.
20	755,86	+27,5	64	755,00	+22,5	77	755,04	+22,5	78	756,03	+17,5	98	+22,5	+17,3	Forte averse et tonn.	N. O.
21	755,00	+21,2	80	754,22	+25,2	65	753,20	+24,7	60	752,40	+15,0	95	+26,2	+12,2	Très-nuageux.	O.
22	748,88	+16,0	98	746,25	+19,5	90	748,72	+20,3	86	751,95	+15,0	88	+20,3	+15,0	Couvert.	S. O.
23	756,38	+21,5	66	756,97	+23,2	68	757,00	+22,2	75	757,16	+18,2	80	+23,2	+12,2	Couvert.	S. O.
24	759,42	+19,8	68	759,34	+20,5	60	758,83	+20,0	60	760,24	+12,8	86	+20,5	+12,8	Très-nuageux.	O.
25	759,70	+19,0	70	759,37	+21,2	64	759,06	+19,2	60	759,86	+12,7	74	+21,2	+11,7	Très-nuageux.	O.
26	759,63	+17,3	76	759,40	+19,0	57	759,28	+19,0	53	760,92	+13,5	78	+19,0	+11,3	Nuageux.	N. O.
27	762,45	+19,2	70	762,60	+21,7	56	762,30	+21,0	52	764,06	+13,7	66	+21,7	+12,2	Nuageux.	N. O.
28	765,64	+20,0	68	765,20	+20,9	67	765,13	+21,8	65	766,04	+15,3	70	+21,8	+11,5	Couvert.	N. N. E.
29	765,30	+21,1	74	764,73	+24,5	62	763,76	+24,5	60	764,52	+19,0	70	+24,5	+12,5	Nuageux.	N. E.
30	764,48	+19,5	65	764,10	+20,5	54	763,58	+21,0	52	763,70	+16,3	64	+21,3	+14,3	Légers nuages.	N. E.
1	749,56	+16,9	79	749,51	+18,5	72	749,30	+19,2	70	750,01	+14,0	86	+19,8	+11,3	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	755,10	+22,6	71	754,93	+23,4	66	754,68	+22,6	68	755,53	+17,4	83	+23,7	+14,1	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 8,880
3	759,69	+19,5	74	759,22	+21,6	64	759,09	+21,4	62	760,09	+15,1	77	+22,0	+12,6	Moyennes du 21 au 30.	Terrasse, 7,900
	754,78	+19,6	75	754,55	+21,2	68	754,35	+21,1	67	755,21	+15,5	82	+21,8	+12,7	Moyennes du mois.	+ 17,3.

Mémoire *sur les Substances végétales qui se rapprochent du Camphre, et sur quelques huiles essentielles;*

Par M. J. Dumas.

La famille des huiles essentielles se partage en plusieurs groupes : le premier renferme les huiles uniquement composées de carbone et d'hydrogène, telles que l'essence de citron, l'essence de térébenthine, l'huile de naphte;

Le second comprend les huiles essentielles oxigénées, comme le camphre, l'huile d'anis et beaucoup d'autres;

Le troisième est réservé aux huiles essentielles qui admettent dans leur composition un nouvel élément, comme l'essence de moutarde qui contient du soufre, l'essence d'amandes amères qui renferme de l'azote.

Les rapports des huiles essentielles avec les carbures d'hydrogène dont j'ai entrepris un examen général, m'ont engagé à soumettre à l'analyse celles d'entre ces huiles qui possèdent les caractères définis, qui permettent de regarder les résultats qu'on obtient comme absolus. C'est le seul moyen à mettre en usage maintenant pour éclaircir cette partie de la chimie organique; car, en ce qui concerne la composition générale des huiles essentielles, les faits connus suffisent pour montrer que ce sont des corps très-riches en hydrogène et en carbone.

Ce Mémoire est consacré spécialement à l'examen des huiles essentielles cristallisables. Mes expériences ont eu pour objet le camphre ordinaire, l'essence d'anis

concrète et l'essence de menthe cristallisée. On se procure ces corps bien plus facilement que les autres produits analogues, et en les choisissant, j'ai eu pour objet d'en tracer d'abord une histoire exacte qui rendît plus facile l'étude des composés analogues qui ne peuvent s'obtenir que d'une manière fortuite et en faible quantité.

Le camphre a déjà été analysé par divers chimistes, parmi lesquels il faut distinguer M. Liebig dont on connaît le talent et l'exactitude. En trouvant entre son analyse et la mienne une différence, légère sans doute, mais néanmoins suffisante pour changer la formule de la composition du camphre, je fus porté à mettre en doute l'exactitude de mes résultats. Dès que j'eus connaissance de l'analyse de M. Liebig, je recommençai la mienne, et je la fis répéter par MM. Jacquelin et Laurent, deux de mes élèves fort exercés à ce genre d'analyse. Ils ne connaissaient pas mes résultats, et ils furent d'accord avec moi dans leurs divers essais.

D'un autre côté, craignant que le camphre ordinaire du commerce n'eût éprouvé quelque falsification, je pris la précaution de choisir au centre d'un pain de camphre très-beau des cristaux isolés très-volumineux. Je les soumis à l'analyse, et je trouvai toujours les mêmes nombres.

Il résulte de ces divers essais que le camphre contient un peu plus d'hydrogène et un peu moins de carbone que M. Liebig n'en a rencontré. Voici les données des analyses :

	Camphre.	Acide carbonique.	Eau.
I.	0,400	1,135	0,373
II.	0,400	1,158	0,380
III.	0,400	1,135	0,365
IV.	0,439	»	0,412
V.	0,406	1,167	0,383

Ces résultats, ramenés en centièmes, donneraient :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Carbone	78,51	80,10	78,51	»	79,50
Hydrogène	10,35	10,52	10,12	10,41	10,46
Oxigène	11,14	9,38	11,37	»	10,04
Camphre	100,00	100,00	100,00	»	100,00

En calculant la composition du camphre, d'après la formule $C^{10} H^{8} O^{1/2}$, on trouve

C^{10}	382,6	79,28
H^{8}	50,0	10,36
$O^{1/2}$	50,0	10,36
	482,6	100,00

Ce qui s'accorde autant qu'on peut l'espérer avec le résultat de l'expérience, dans une analyse de cette nature, car le camphre est une substance d'une combustion difficile.

S'il pouvait rester quelque équivoque sur le mode d'interprétation qu'il convient de donner à ces chiffres, l'examen des propriétés du camphre me semble fait pour lever tous les doutes.

J'ai pris la densité de la vapeur du camphre. Voici les données de l'expérience :

Poids du ballon plein d'air.....	55gr,443
Id. du ballon plein de vapeur.	56 ,174
Pression.....	0m,7667
Température de la vapeur.....	230° au th. à mercure.
Capacité du ballon.....	273 cm. cb.
Température de l'air.....	15° c.

D'où l'on tire pour le poids du litre de la vapeur de camphre 7,103 et pour la densité de sa vapeur 5,468.

D'après l'analyse du camphre, cette substance serait représentée par un volume de camphogène et un demi-volume d'oxigène; ce qui donnerait pour la densité de sa vapeur :

Un vol. camphogène	4,7634
Demi-vol. oxigène	0,5513
	5,3147

nombre qui diffère trop peu du précédent pour qu'on puisse exprimer la composition du camphre d'une autre manière.

Proust avait signalé l'existence du camphre dans l'essence de lavande et dans celle de quelques autres labiées. Les chimistes qui d'abord avaient admis ce fait, l'ont mis en doute dernièrement en voyant que toutes les huiles essentielles, long-temps exposées à l'air, pouvaient fournir des cristaux analogues au camphre.

J'ai été fort empressé de comparer le camphre de lavande qui existait dans la collection du Collége de France avec le camphre ordinaire. Son analyse m'a donné :

0,400 matière employée, 0,377 eau et 1,146 acide carbonique, ou bien

Carbone	79,27
Hydrogène	10,46
Oxigène	10,27
	100,00

c'est-à-dire exactement les mêmes résultats que le camphre ordinaire.

Quoique je n'aie pas encore terminé les expériences qui concernent le corps auquel j'ai donné le nom de camphogène, il est nécessaire, pour l'intelligence de ce Mémoire, d'extraire quelques faits du travail auquel je me livre sur cette curieuse substance.

Il existe un carbure d'hydrogène formé de 10 volumes de carbone pour 8 volumes d'hydrogène. Ce carbure s'unit à l'acide hydrochlorique et forme un éther solide composé de volumes égaux d'acide et de base et connu sous le nom de camphre artificiel.

Le camphogène produit, en se combinant avec l'oxigène dans le rapport de 2 volumes à 5, l'acide camphorique des chimistes.

Il forme beaucoup d'autres combinaisons nouvelles ou déjà connues; mais celles que je viens de citer suffisent pour montrer que le camphogène jouit, comme le cyanogène, de la propriété de s'oxider, et qu'il possède, comme l'hydrogène bicarboné, les caractères d'une base capable de saturer les acides.

Le camphogène a été extrait par M. Oppermann du camphre artificiel, en le décomposant par la chaux vive.

Ce procédé est long, minutieux et devient inutile par les résultats que je vais exposer.

Il est toutefois très-curieux et très-instructif, en montrant que l'hydrogène carboné qui existe uni à l'acide hydrochlorique dans le camphre artificiel peut en être séparé par les bases sans altération et que l'on peut ensuite l'unir de nouveau à l'acide hydrochlorique et reproduire le camphre artificiel.

Ces sortes d'analyses et de synthèses sont encore assez rares dans le règne organique, et celle-là mérite d'être signalée.

La possibilité d'obtenir le camphogène en grandes masses et sans difficulté résulte de l'étude attentive des diverses essences de térébenthine du commerce.

L'essence de térébenthine a présenté des résultats si variés entre les mains des divers chimistes qui l'ont examinée, que je ne puis croire que leurs dissidences tiennent à des fautes d'observation. Je pense plutôt que les essences de térébenthine du commerce diffèrent entre elles, probablement en raison des espèces de bois résineux qui les ont fournies.

Ainsi, MM. de Saussure et Houton-Labillardière n'ont pas trouvé d'oxigène dans l'essence de térébenthine; MM. Ure et Oppermann, au contraire, en ont rencontré de 4 à 5 pour 100. D'un autre côté, les chimistes qui ont essayé de convertir l'essence de térébenthine en camphre artificiel ont eu des résultats non moins variés. Les uns admettant que l'essence ne fournit que le quart de son poids de camphre, d'autres le tiers, la moitié. Enfin M. Thenard, qui a fait l'expérience avec un soin particulier, a trouvé que 100 d'essence donnent 110 de cam-

phre artificiel, résultat qui approche de fort près de celui qu'indique la théorie que je déduis de mes propres expériences.

En effet, je n'ai pas trouvé d'oxigène dans l'essence de térébenthine ; sa composition est identique avec celle du camphogène ; enfin la densité de sa vapeur coïncide avec son analyse. D'où il résulte que 100 parties d'une telle essence devraient donner 120 de camphre artificiel environ.

L'essence de térébenthine que j'ai analysée avait été soumise à trois distillations ménagées. Elle avait séjourné ensuite pendant plusieurs jours sur du chlorure de calcium fondu. Elle était sans couleur et s'évaporait sans résidu. Mise en contact avec le potassium pendant plusieurs jours, elle n'a pas fourni de gaz, et il s'est produit seulement quelques flocons bruns ; mais la presque totalité du potassium est demeurée intacte.

0,398 d'essence de térébenthine ont fourni 1,272 d'acide carbonique et 0,415 d'eau. Ce qui donne

88,4	carbone
11,6	hydrogène
100,0	

Résultat qui coïncide avec la composition du camphogène. En effet, celui-ci renferme

10 vol. de carbone	382,6	88,5
8 vol. hydrogène	50,0	11,5
	432,6	100,0

La densité de la vapeur de cette essence prise plu-

sieurs fois s'est toujours trouvée égale à 4,765 ou 4,764, ce qui s'accorde très-bien avec l'analyse. En effet,

10 vol. vap. de carbone	=	4,213
8 vol. hydrogène	=	0,550
		4,763

Ainsi, parmi les essences de térébenthine, il en est une, celle que l'on retire probablement de la Savoie ou de quelques parties de la Suisse, qui réalise la composition du camphogène.

L'essence analysée en Allemagne et en Angleterre avait sans doute une autre origine.

L'existence d'un composé de 10 vol. de carbone et 8 vol. d'hydrogène condensés en un seul étant démontrée, on voit que le camphre ordinaire peut être considéré comme un oxide de ce corps.

Un volume de camphogène et $\frac{1}{2}$ volume d'oxigène donneraient naissance au camphre ordinaire. Ce résultat ne sera pourtant mis hors de doute qu'à l'époque où l'on aura pu convertir l'essence de térébenthine en camphre ordinaire; mais ces analyses et ces rapprochemens mettent sur la voie des expériences qu'il faut tenter pour y parvenir.

Je vais examiner maintenant deux corps qui présentent la plus grande analogie avec le camphre et montrer que leur composition s'en rapproche au plus haut degré.

L'on emploie depuis long-temps en médecine ou dans l'art du confiseur l'huile essentielle de menthe poivrée. Celle qui se prépare en Europe conserve son état liquide, même à des températures assez basses. L'invasion du

choléra et la grande consommation d'essence de menthe qui en est résultée ont occasionné une importation considérable d'essence de menthe préparée en Amérique. Celle-ci possède la faculté de se congeler à une température voisine de zéro, et fournit ainsi des cristaux prismatiques faciles à isoler du liquide excédant.

Ces cristaux exprimés dans du papier joseph possèdent les propriétés suivantes : ils sont sans couleur, fusibles à 25° c., volatils sans décomposition. Le produit cristallise de nouveau et tout entier. Ils sont peu solubles dans l'eau, mais se dissolvent dans l'alcool, l'éther et les huiles. Ils ont d'ailleurs le goût et l'odeur de la menthe poivrée au plus haut degré.

0,400 de ce produit ont fourni 0,472 eau, et 1,122 acide carbonique, c'est-à-dire :

77,61	carbone,
13,09	hydrogène,
9,30	oxigène.
100,00	

Ces résultats se rapportent parfaitement à la formule $C^{10} H^{10} O^{1/2}$, qui donnerait :

Carbone.....	77,3
Hydrogène.....	12,6
Oxigène.....	10,1
	100,0

Ainsi, le camphre de la menthe, si on peut s'exprimer ainsi, diffère du camphre ordinaire en ce qu'il renferme 2 vol. de plus d'hydrogène.

On sait depuis long-temps que l'essence d'anis se partage en deux produits distincts par la congélation. J'ai isolé le produit solide par l'action prolongée de la presse.

Soumis à l'analyse, il a donné les résultats suivans :

0,400 mat. fournissent 0,298 eau et 1,176 acide carbonique ; c'est-à-dire :

81,35	carbone,
8,26	hydrogène,
10,39	oxigène.
100,00	

Ces résultats se rapportent exactement à la formule $C^{10}\ H^{6}\ O^{1/2}$, qui donnerait :

81,40	carbone,
7,98	hydrogène,
10,62	oxigène.
100,00	

D'où l'on voit que le camphre d'anis contient 2 vol. d'hydrogène de moins que le camphre ordinaire.

Cette coïncidence singulière des formules me porte à penser et m'autorise peut-être à dire que les essences sont des combinaisons d'hydrogène et de carbone qui, en s'oxidant, produisent les camphres. Cette supposition serait même démontrée, s'il était vrai, comme on l'admet généralement aujourd'hui, que les essences conservées au contact de l'air dans des flacons mal bouchés acquièrent toutes la propriété de fournir par le refroidissement des produits cristallisés analogues à ceux que je viens d'examiner.

Cette oxidation incomplète des essences ne doit pas être confondue avec une autre oxidation qui se fait lorsqu'elles sont en contact en couches minces avec beaucoup d'air. Elles se convertissent alors en résines. Je ferai voir que cette conversion est due à une simple absorption d'oxigène, et que les résines ont les mêmes radicaux que les camphres, mais qu'elles renferment seulement plus d'oxigène qu'eux, ce qui en fait des acides. L'excellente analyse de la colophane, faite dans le temps par MM. Gay-Lussac et Thenard, pouvait déjà le démontrer.

Il résulte de ces faits que le genre camphre paraît formé d'oxides de divers carbures d'hydrogène liés entre eux par des relations de composition très-simples.

En effet, on a :

$C^{10}\ H^{10}\ O^{1/2}$ essence de menthe concrète,
$C^{10}\ H^{8}\ O^{1/2}$ camphre ordinaire,
$C^{10}\ H^{6}\ O^{1/2}$ essence d'anis concrète,
$C^{10}\ H^{4}$ naphtaline.

La combinaison $C^{10}\ H^{8}$ est connue à l'état pur, et constitue l'essence de térébenthine commune. Au contraire le camphre correspondant à la naphtaline reste à découvrir.

On regarde en général les huiles essentielles comme des composés très-variables. Sans vouloir infirmer cette opinion d'une manière trop absolue, je suis disposé à croire que les variations que l'on observe dans ces sortes de corps tiennent assez ordinairement à l'absorption de l'oxigène qui exerce sur eux une action différente selon qu'il est absorbé sous l'influence de l'eau ou à sec. Les

huiles essentielles pures et celles qui ont éprouvé ces deux modes d'altération ont dû présenter aux chimistes des résultats différens. Une étude plus attentive, en fournissant les moyens de séparer les corps formés par l'action de l'oxigène de l'huile essentielle primitive, viendra bientôt rendre à ces substances la simplicité que présentent déjà plusieurs groupes de corps appartenant au règne organique.

J'ai cité plus haut l'analyse de l'essence de térébenthine. Elle prouve que l'essence analysée par M. Houton Labillardière, celle qui a fait l'objet des expériences de M. Théodore de Saussure, et celle que j'ai analysée moi-même présentent une constance de composition et de propriétés qui indiquent une matière définie.

Parmi les huiles essentielles formées uniquement de carbone et d'hydrogène, on ne connaît encore que l'essence de citron, l'huile de naphte et l'essence de rose solide. Je n'ai pas encore pu me procurer cette dernière en quantité suffisante pour une analyse, mais je me suis occupé des deux autres.

L'essence de citron rectifiée parfaitement incolore, soumise à l'analyse, m'a donné les résultats suivans :

0,303 matière ont fourni 0,969 acide carbonique et 0,312 eau, ou bien :

Carbone.....	88,45
Hydrogène....	11,46
	99,91

C'est-à-dire une composition exactement semblable à celle de l'essence de térébenthine. Cette analyse diffère

à peine du reste de celle que M. Th. de Saussure a publiée.

Je me propose d'examiner avec le plus grand soin les propriétés de l'essence de citron, car si cette substance est réellement isomérique avec l'essence de térébenthine, une étude attentive de leurs propriétés doit conduire à des résultats intéressans.

Pour compléter la série des carbures d'hydrogène liquides, il me reste à dire quelques mots sur le naphte.

J'ai fait voir dans le dernier mémoire que j'ai eu l'honneur de lire à l'Académie, qu'il serait possible de tirer quelques inductions intéressantes pour la géologie de l'histoire de trois combinaisons du carbone et de l'hydrogène, la naphtaline, la paranaphtaline et l'idrialine. Je me propose de montrer que le naphte, une des substances de ce genre la plus répandue et la plus importante, peut donner lieu à des observations de la même nature.

Parmi les produits bitumineux de la nature minérale, le naphte ou le pétrole, variétés de la même espèce, doivent être placés dans un rang particulier. En effet, ces substances se montrent toujours les mêmes dans des localités fort éloignées les unes des autres; elles se produisent ou s'extraient en certains lieux de temps immémorial; enfin leur formation paraît liée à celle du sel marin, car presque toujours elles l'accompagnent.

Jusqu'à présent, la production du naphte n'a donné lieu qu'à de vagues hypothèses; je crois pouvoir démontrer qu'on le produit artificiellement dans une circons-

tance très-simple, et je pense qu'on le retrouvera dans beaucoup d'occasions analogues.

Quand on décompose l'huile ordinaire par la chaleur pour la convertir en gaz pour l'éclairage, elle se convertit en partie en gaz permanent et en partie en diverses combinaisons volatiles qui se répandent en vapeur dans les gaz qu'elles accompagnent. Si l'on vient à comprimer ces gaz, comme on l'a fait il y a quelques années pour obtenir le gaz portatif, les gaz permanens se condensent sans changer d'état, mais les vapeurs mélangées se liquéfient. Le liquide ainsi obtenu a été soumis à un examen attentif par M. Faraday, qui en a extrait un composé isomérique avec l'hydrogène bicarboné ordinaire, un composé particulier qui paraît être un bicarbure d'hydrogène, et enfin une troisième combinaison, la plus abondante, qui me paraît identique avec le naphte.

En effet, le carbure de l'huile entre en ébullition à 85°,5 et le naphte bout à 85°,5; le carbure de l'huile à l'état de vapeur pèse 2,96 et le naphte 2,83. Ils ont l'un et l'autre les mêmes réactions. Il y a donc tous les motifs pour les réunir, et aucun pour les séparer.

Cette identité m'a engagé à tenter quelques expériences sur le naphte pour en définir positivement la nature. D'après M. Faraday, le naphte artificiel contiendrait 6 atomes de carbone et 4 atomes d'hydrogène. Cette composition simple me semblait plus vraisemblable que celle que M. Th. de Saussure assigne au naphte naturel, dans lequel ce célèbre chimiste a trouvé 6 atomes de carbone et 5 atomes d'hydrogène.

Cependant M. Faraday observe que son naphte n'a

pas pu être entièrement dépouillé de bicarbure d'hydrogène, ce qui a dû augmenter le carbone et diminuer l'hydrogène dans son analyse.

J'ai donc repris l'analyse du naphte naturel. Celui que j'ai employé était en contact depuis long-temps avec du potassium; il était parfaitement limpide et sans couleur.

0,349 de naphte ont fourni 1,090 d'acide carbonique et 0,400 d'eau.

0,442 de naphte ont fourni 1,403 d'acide carbonique et 0,490 d'eau.

Ce naphte contenait donc :

Carbone.....	86,4	87,83
Hydrogène....	12,7	12,30
	99,1	100,13

Ces résultats s'accordent avec ceux de M. Th. de Saussure, et l'on doit regarder le naphte comme étant composé de

6 at. carbone....	229,56	88,2
5 at. d'hydrogène.	31,25	11,8
	260,81	100,0

ou bien de

6 vol. carbone.....	2,526
5 vol. hydrogène....	0,344
1 vol. naphte.....	2,870

Ainsi la densité de la vapeur du naphte serait égale à 2,870, nombre qui s'éloigne peu de ceux que l'expérience a fournis.

Les faits que ce Mémoire renferme suffisent pour établir ou plutôt pour confirmer l'existence de deux classes distinctes d'huiles essentielles ; celles qui renferment du carbone et de l'hydrogène seulement, et celles qui renferment en outre de l'oxigène.

Les analyses citées plus haut permettent de penser que ces composés, ramenés par des procédés convenables à un état constant, réaliseront tous des composés définis dignes d'intérêt.

Malheureusement, les fraudes, si communes dans cette branche de commerce, rendent une étude de ce genre plus longue et plus pénible qu'elle ne le serait naturellement. Aussi je ne me flatterais pas de lui donner tous les développemens qu'elle peut recevoir, si je ne comptais sur la bienveillance de personnes qui ont eu l'occasion de recueillir des produits particuliers provenant des huiles essentielles. M. Bonastre, à qui l'on doit des observations fort curieuses sur des produits de cette nature, a bien voulu déjà mettre sa collection à ma disposition, et j'espère pouvoir donner bientôt l'analyse des produits qui ont été découverts par cet habile chimiste.

Nouvelles *Recherches sur l'Opium*;

Par J. Pelletier.

(Lu à l'Académie des Sciences le .... août 1832.)

Les corps combustibles non métalliques sont susceptibles, en s'unissant entre eux, de donner naissance à une série de combinaisons qui, pour la plupart, sont re-

rquables par leurs propriétés chimiques et par leur ion sur l'économie animale.

Ces combinaisons sont en général de deux sortes; les es ordinairement binaires, rarement plus composées, produisent dans nos laboratoires sous l'influence de rces électro-chimiques, toujours prêtes à se manifester ns ces corps et à donner lieu à de nouvelles combinai- ns et à de nouveaux phénomènes. Les autres, au con- ire, rarement binaires, souvent ternaires, ou qua- rnaires, paraissent se former sous l'influence d'un incipe vital, et ne peuvent que rarement être pro- uites par nos instrumens. Les premières sont pour ainsi re créées par le chimiste dont le génie sait faire naître s conditions dans lesquelles les élémens peuvent réagir s uns sur les autres et s'unir entre eux. Les secondes élaborent sous l'influence de forces encore inconnues, ndépendantes de la volonté du chimiste, dont la tâche ors moins brillante, mais non moins utile, consiste à oler ces substances, à les obtenir pures à l'aide de pro- édés analytiques, en évitant avec soin les circonstances ropres à faire naître de ces combinaisons artificielles que a chimie synthétique est si curieuse de reproduire.

Poursuivant cette carrière d'analyse végétale, dans aquelle je m'étais quelque temps arrêté par des circon- tances indépendantes de ma volonté, j'ose réclamer in- ulgence pour des travaux un peu arides par eux-mêmes t qui ne peuvent être relevés par quelques-unes de ces xpériences brillantes, que le savant chimiste dont nous déplorons la perte, mettait si souvent sous les yeux de 'Académie. Le travail que je lui soumets en ce moment est une nouvelle analyse de l'opium dont je m'occupe

depuis long-temps. Peut-être sera-t-on surpris que j'aie pris ce sujet pour objet de mes recherches après les beaux travaux publiés sur cette substance par MM. Sertuerner et Robiquet; mais quelques points me semblaient encore obscurs dans son histoire, et l'opium est d'ailleurs une matière tellement importante pour la thérapeutique, sa composition est si compliquée, que je n'ai pu résister au désir de m'en occuper aussi. J'étais d'ailleurs préoccupé de l'idée que son analyse donnerait encore des résultats intéressans. Je ne crois pas avoir été trompé dans mon attente, puisque, indépendamment d'une substance nouvelle que j'ai obtenue, la *narcéine*, j'ai été à même de mieux faire connaître quelques-uns des nombreux principes immédiats dont l'opium se compose.

Ce serait faire un vain étalage d'érudition que de citer tout ce que les chimistes ont écrit sur l'opium depuis Neuman jusqu'à nos jours. Je ne remonterai donc point au-delà de l'année 1803, époque où M. Desrone obtint le premier de l'opium une matière particulière, blanche, cristalline, d'une composition constante, la *narcotine*, qu'alors il crut être le principe essentiellement actif de l'opium considéré comme substance toxique ou médicamenteuse.

A peu près à la même époque, c'est-à-dire en 1804, M. Seguin, membre correspondant de l'Académie des Sciences, lut devant cette illustre compagnie un mémoire sur l'opium, travail auquel on ne rendit pas assez de justice, et qui maintenant est encore peu connu.

Dans cette dissertation, remarquable par les faits qu'elle renferme et par la clarté avec laquelle ils sont

exposés, M. Seguin signale l'existence du principe le plus énergique de l'opium, décrit la manière de l'obtenir, et indique ses caractères essentiels et distinctifs, de sorte qu'il n'a manqué à M. Seguin que de nommer la morphine pour être en possession de l'honneur de sa découverte. C'est encore à Seguin qu'on doit celle de l'acide méconique attribuée également à Sertuerner.

Ne refusons point cependant au chimiste allemand ce qu'il a droit d'attendre de notre impartialité ; le premier il a dit que le principe actif de l'opium était un alcali susceptible de former des sels neutres avec les acides. Le premier il a obtenu plusieurs de ces combinaisons à l'état cristallin ; mais si Sertuerner a l'avantage d'avoir prononcé le mot alcalinité, sorte de hardiesse à propos d'une matière végétale, il faut aussi convenir que le fait est énoncé d'une manière positive par M. Seguin.

En effet dire, comme l'a dit Seguin, qu'une substance est dissoute dans un acide et y est retenue par affinité, qu'elle peut en être séparée par d'autres substances qui ont pour l'acide une affinité plus forte (1), n'est-ce pas évidemment signaler une base salifiable. Appuyant sur cette idée, Seguin dit plus loin textuellement que l'acide de l'opium ayant la propriété de former avec les métaux des sels insolubles, il existe, pendant le mélange des sels métalliques avec la dissolution d'opium, une double décomposition. Dans un autre passage, Seguin dit qu'à l'état de pureté la matière cristalline de l'opium est soluble dans l'alcool qui, par cette combinaison, acquiert la propriété de verdir le sirop de violettes.

---

(1) *Annales de Chimie.*

On me pardonnera cette digression en faveur d'un compatriote ; la justice seule m'eût fait un devoir de cette réclamation que déjà avait faite M. Vauquelin, mais qui, appuyée de citations, trouve naturellement sa place à la tête d'un travail *ex professo* sur la même matière.

Le mémoire de Sertuerner fut immédiatement suivi d'un travail de M. Robiquet sur le même sujet. Cet habile chimiste avait été chargé par M. Gay-Lussac de vérifier les faits annoncés par M. Sertuerner, dont la dissertation laissait beaucoup à désirer, surtout dans la partie où Sertuerner traitait de l'acide *méconique*. Une autre question restait entièrement à résoudre. Le sel de Derosne, nommé depuis narcotine, était-il un sous-méconate de morphine, comme le prétendait Sertuerner, ou devait-il rester au nombre des principes immédiats des végétaux où M. Derosne l'avait placé ? Tels étaient les points que M. Robiquet se proposa d'examiner, et qu'il traita avec cette sagacité dont tous ses travaux portent le cachet. Le résultat des recherches de M. Robiquet fut en somme que la morphine était véritablement une base salifiable capable de saturer les acides et de former des sels neutres ; que l'opium contenait un acide particulier qu'il nous fit mieux connaître que ne l'avait fait Sertuerner ; que le sel de Derosne était non un sous-méconate de morphine, mais une substance particulière. Un grand nombre d'observations diverses ajoutaient du reste à l'intérêt que présentait ce mémoire.

Il est toutefois fâcheux que M. Robiquet, entièrement préoccupé du travail de Sertuerner, ne se fut en aucune sorte rappelé en ce moment qu'il existait un mémoire de Seguin sur le même sujet ; son esprit droit lui aurait fait

de suite voir la part qu'avait Seguin dans la découverte du premier alcali organique, et M. Robiquet se serait empressé de proclamer la priorité du chimiste français. Je ne continuerai pas l'analyse des travaux publiés sur l'opium depuis le mémoire de M. Robiquet; ces travaux sont nombreux, mais aucun ne présente l'importance de ceux que nous venons de signaler. La plupart même ne peuvent, en raison de leur peu d'étendue, être considérés que comme des observations qui se rattachent plutôt à l'étude des principes immédiats de l'opium, et spécialement de la morphine, qu'à l'analyse même de l'opium.

Je crois cependant devoir rappeler un mémoire de M. Dublanc, lu à l'Académie de Médecine il y a déjà plusieurs années, et qui vient de paraître dans les *Annales de Chimie*, ainsi qu'une note de M. Couërbe, sur un nouveau principe immédiat de l'opium, principe que je trouve dans mon analyse, et dont ainsi je confirme l'existence. Je citerai aussi un mémoire de M. Robinet qui contient quelques procédés nouveaux applicables à l'analyse des végétaux et à quelques faits intéressans pour l'histoire de la morphine.

En résumé, nous n'avons que deux analyses suivies et régulières de l'opium, celle de Seguin et celle également remarquable de M. Robiquet; mais cette dernière date déjà de 15 années, et depuis ce temps les méthodes d'analyse ont fait des progrès (1) auxquels je n'ai peut-être pas moi-même été étranger. Les auteurs des autres dissertations sur l'opium ont plutôt eu pour but d'obtenir

---

(1) Voyez l'ouvrage de M. Chevreul intitulé : *Considérations générales sur l'analyse organique*, etc.

et d'étudier le principe qui faisait l'objet de leurs recherches, que de tracer une marche vraiment analytique. D'ailleurs, malgré le mérite qui distingue plusieurs de ces écrits, on ne peut se dissimuler qu'on y remarque des contradictions qui ne peuvent disparaître que par de nouvelles observations. J'ajouterai enfin que si les travaux publiés sur l'opium dans ces derniers temps sont nombreux et intéressans, l'intérêt qu'ils présentent augmentera par le fait d'un travail qui permettra de les coordonner.

L'histoire physiologique de l'opium, c'est-à-dire l'exposé de son action sur l'économie animale considérée dans chacun de ses principes immédiats, réclamait aussi une nouvelle analyse de cette substance.

En effet, on ne connaît avec quelque exactitude que l'action de la morphine et de la narcotine sur l'économie animale. Celle qu'exerce chacun des autres principes de l'opium est pour ainsi dire inconnue, et ne peut même être étudiée qu'après que la chimie aura obtenu ces principes complètement isolés les uns des autres et à l'état de pureté parfaite. Quelques nuages restent même encore à soulever en ce qui concerne l'action de la narcotine sur l'économie animale comparée à celle de la morphine. Mais les contradictions qu'on remarque encore dans les ouvrages des physiologistes qui se sont occupés de ces matières, nous semblent tenir à ce qu'ils n'ont pas toujours agi sur ces substances parfaitement isolées l'une de l'autre. Quant à l'action de la méconine et de la narcéine introduites dans l'organisme, rien n'a pu être fait, la première étant à peine connue et la seconde étant entièrement nouvelle.

Je diviserai ce mémoire en deux parties. Dans la première, j'exposerai la marche que, par suite de nombreuses recherches, j'ai cru devoir adopter pour l'analyse de l'opium, marche qui permet de retirer d'une seule quantité d'opium, et sans reprendre de nouvelles matières, les douze principes immédiats qui composent cette substance. Dans la seconde partie, je reprendrai les divers principes immédiats que j'aurai obtenus pour y rapporter les observations qui s'y rattachent et discuter quelques points de leur histoire.

PREMIÈRE PARTIE.

Analyse de l'opium.

Un kilogramme d'opium cassant, de la variété dite de Smyrne, a été divisé et mis à macérer à froid dans deux kilogrammes d'eau distillée; on aidait l'action dissolvante de l'eau en malaxant l'opium avec les mains; la liqueur décantée de dessus le marc, celui-ci a été encore traité quatre fois de la même manière et lavé sous un filet d'eau. Les liqueurs réunies ont été filtrées et mises à évaporer avec beaucoup de précautions pour en obtenir un extrait solide.

L'opium se trouvait ainsi divisé en deux parties, l'une soluble dans l'eau froide, l'autre insoluble. Nous désignerons la première par le nom d'extrait d'opium, et la seconde par celui de marc d'opium. Le rapport qui existe entre le poids de l'extrait et celui du marc varie dans tous les opiums; nous ne l'avons jamais trouvé au-dessus de 12 à 4.

Examen de l'extrait d'opium.

L'extrait d'opium a été repris par l'eau distillée, et s'est redissout en abandonnant une matière brillante et comme cristalline ; cette matière, lavée, séchée et dissoute dans l'alcool, a cristallisé en prismes aplatis nacrés. C'était de la narcotine sans trace de morphine. C'est en traitant ainsi de l'extrait d'opium par de l'eau que M. Derosne a obtenu pour la première fois la narcotine. Nous verrons plus loin que la plus grande partie de la narcotine contenue dans l'opium reste dans le marc, c'est-à-dire dans la partie qui ne s'est point dissoute dans l'eau.

La solution d'extrait d'opium dont on avait ainsi séparé la narcotine, sinon en totalité du moins en grande partie, a été élevée à 100 degrés de température ; c'est alors qu'on y a instillé de l'ammoniaque dont les premières gouttes déterminèrent un précipité qui se redissolvait aussitôt dans la liqueur ; on a donc mis un excès d'ammoniaque pour être certain de décomposer tout le sel de morphine ; mais comme la morphine est légèrement soluble dans l'ammoniaque, on a maintenu l'ébullition pendant dix minutes pour chasser autant que possible l'excès de l'alcali. Le refroidissement s'est ensuite opéré lentement, et sur la fin, dans un lieu très-frais, la morphine s'est précipitée à l'étal cristallin. A la surface de la liqueur était une croûte formée de morphine engagée dans une matière d'apparence résineuse.

Si l'on filtre bouillante la solution d'opium dans laquelle on a mis un excès d'ammoniaque, la liqueur qui

passe limpide laisse cristalliser par le refroidissement une quantité de morphine assez considérable, et plus grande que celle que pourrait faire présumer le peu de solubilité de la morphine dans l'eau. Ce fait s'explique par une observation de M. Buisson que mes expériences confirment, c'est qu'à la température de l'ébullition la morphine décompose en partie les sels ammoniacaux pour donner lieu à des sels triples qui, eux-mêmes, se décomposent par leur refroidissement sous l'influence d'un excès d'ammoniaque et de la force de cohésion.

La morphine obtenue par cristallisation dans la liqueur filtrée bouillante, est déjà assez belle; celle au contraire qui reste sur le filtre est noire et mélangée de beaucoup de matière résinoïde. La morphine séparée de la solution aqueuse par l'ammoniaque est loin d'être pure; en effet, si on la traite par l'éther sulfurique, celui-ci se colore en jaune et abandonne par l'évaporation spontanée une matière huileuse, au milieu de laquelle on aperçoit des cristaux de narcotine et d'une matière dont nous parlerons plus bas sous le nom de méconine. J'aurai plus loin l'occasion de revenir sur cette dernière substance et sur les principes immédiats de l'opium solubles dans l'éther.

Les moyens de purifier la morphine sont connus; ils consistent à faire dissoudre et cristalliser plusieurs fois la morphine en la traitant par l'alcool bouillant, en ajoutant un peu de charbon animal. La morphine doit ensuite être réduite en poudre impalpable, et être soumise à l'action de l'éther sulfurique qui dissout la narcotine. Toutefois, il est bien difficile par ce moyen d'obtenir la morphine parfaitement privée de narcotine. Je

préfère dissoudre la morphine dans l'acide sulfurique et en former un sulfate qui cristallise aisément. Par ce moyen, on sépare entièrement la narcotine ; car si on ne met point un excès d'acide, la narcotine reste non dissoute, tandis que si l'on en dissout à la faveur d'un excès d'acide, celle-ci ne cristallise pas et reste dans les eaux-mères. Il est presque inutile d'ajouter que le sulfate de morphine doit être décomposé pour en avoir la morphine; à cet effet on emploie avec avantage la magnésie. Le sulfate de magnésie est entraîné par le lavage, la morphine reste avec l'excès de magnésie ; on la reprend par l'alcool.

Après avoir séparé et obtenu la plus grande partie de la morphine contenue dans la solution d'opium à l'aide de l'ammoniaque, on concentre les liqueurs à moitié de leur volume. Par le refroidissement complet elles abandonnent encore une certaine quantité de morphine qui a besoin d'être purifiée par l'un des procédés indiqués. Dans la liqueur dont la morphine avait été séparée, j'ai versé de l'eau de baryte, qui, sur le champ, a déterminé un nouveau précipité. C'est d'un précipité semblable que Seguin a retiré l'acide de l'opium. Sertuerner, en se servant du muriate de baryte, obtenait un précipité de même nature.

Pour retirer l'acide méconique uni à la baryte, Sertuerner et M. Robiquet prescrivent de laver le précipité avec de l'eau distillée et de le décomposer par un léger excès d'acide sulfurique étendu d'eau ; l'acide sulfurique s'empare de la baryte. En évaporant les liqueurs avec précaution et les laissant refroidir, on obtient l'acide méconique cristallisé ; on le purifie en le lavant avec

un peu d'eau froide, et on le dessèche à une douce température ; on peut aussi le sublimer en le chauffant avec précaution dans une cornue de verre.

Je n'ai apporté à ce procédé qu'une seule modification, mais je la crois importante. Elle consiste à traiter à plusieurs reprises par l'alcool bouillant le méconate de baryte avant de le soumettre à l'action de l'acide sulfurique ; par ce traitement on dépouille le méconate de baryte d'une matière colorante brune, qui autrement resterait avec l'acide méconique et serait un obstacle à sa cristallisation. Il faut aussi se garder de mettre trop d'acide sulfurique qui, au moment de la concentration des liqueurs, réagit sur l'acide méconique et le charbonne. Je ne crois pas non plus qu'il faille sublimer l'acide méconique, l'acide sublimé ne paraissant pas en tout semblable à l'acide qui n'a point subi cette opération.

La solution d'extrait d'opium, dont j'ai déjà séparé trois principes cristallisables, la narcotine, la morphine et l'acide méconique, a été traitée par le sous-carbonate d'ammoniaque pour séparer la baryte en excès qu'on y avait introduite. En élevant la température de la liqueur, l'excès de sous-carbonate d'ammoniaque s'est volatilisé, la liqueur a été évaporée à consistance de sirop épais, qu'on a abandonnée pendant plusieurs jours dans un lieu frais ; elle s'est alors prise en une masse pulpeuse sur laquelle on remarquait des cristaux. La masse pulpeuse a été mise à égoutter et ensuite a été fortement exprimée entre des linges. Dans cet état elle a été traitée par de l'alcool à 40 degrés et bouillant qui l'a en partie dissoute ; il est seulement resté une matière noire visqueuse sur laquelle nous reviendrons.

Les liqueurs alcooliques ont été soumises à la distillation, et, par cette opération, réduites à un petit volume ; par le refroidissement j'ai obtenu une matière cristalline qu'il m'a été très-facile de purifier et d'avoir d'une blancheur éclatante en la faisant dissoudre et cristalliser plusieurs fois. Cette substance, que j'ai reconnue pour être entièrement nouvelle, étant assez soluble dans l'eau bouillante, peut se purifier très-facilement par dissolution et cristallisation dans l'eau ; on parvient à l'avoir facilement très-blanche en la traitant par le charbon animal purifié. C'est à cette matière que j'ai donné le nom de *narcéine* ; elle sera dans la seconde partie de ce mémoire le sujet d'un paragraphe dans lequel, en relatant ses propriétés, je ferai voir qu'elle diffère essentiellement de la morphine, de la narcotine et d'une troisième substance cristalline que M. Couërbe, mon ami, a fait connaître sous le nom de méconine.

C'est ici le lieu de parler de cette dernière substance qui accompagne souvent la narcéine, cristallise avec elle, et toujours se rencontre dans les eaux-mères qui ont produit ces cristaux. La méconine étant soluble dans l'éther, on peut facilement isoler ces deux substances l'une de l'autre lorsqu'elles cristallisent simultanément. C'est en traitant par l'éther, ce qu'en fabrique on désigne sous le nom de matière grasse de morphine, que M. Couërbe obtint la première fois la méconine, lorsqu'en 1830, étant chef des travaux de mon établissement de produits chimiques, il opérait, pour retirer la morphine, sur des masses considérables d'opium. D'après ces données, il était naturel de rechercher la méconine dans les eaux-mères de la narcéine ; à cet effet nous traitâmes

ces eaux-mères et celles qui avaient fourni la matière pulpeuse par de l'éther sulfurique. L'éther se colora fortement en jaune. Evaporé il produisit des cristaux implantés sur une matière grasse; cette matière cristalline était la méconine que l'on peut obtenir blanche par une seconde cristallisation; mais pour être assuré de sa pureté il faut la traiter par l'eau bouillante, dans laquelle elle est soluble; la matière grasse et un peu de narcotine restent non dissoutes. On peut ensuite enlever la narcotine et la séparer de la matière grasse par de l'acide hydrochlorique.

La méconine est une substance qui possède des propriétés chimiques très-singulières, et elle mériterait bien aussi d'être l'objet d'un article tout particulier dans la deuxième partie de ce mémoire, si je ne croyais plus convenable d'en abandonner entièrement l'examen à M. Couërbe qui, dans ce moment, s'occupe de ce travail avec l'intention de le soumettre prochainement à l'Académie.

Mais si la méconine est une substance entièrement différente de la morphine, de la narcotine et de la narcéine, je crois devoir déclarer qu'elle me paraît être identique avec la matière particulière que M. Dublanc jeune a trouvé dans l'opium, et qui fait le sujet d'un mémoire que ce pharmacien habile a présenté en 1826 à l'Académie royale de Médecine, et qui vient d'être publié dans les *Annales de Physique et de Chimie.*

Du reste, ce n'est point la première fois qu'une même substance se trouve avoir été découverte par deux chimistes étrangers l'un à l'autre. Je puis toutefois assurer que M. Couërbe n'avait aucune connaissance du travail

de M. Dublanc ; quant à moi, je me bornerai ici à constater l'existence de la méconine comme principe immédiat, et de lier son obtention à la marche régulière que j'ai cherché à imprimer à l'analyse de l'opium. Mais je ne parlerai, dans la deuxième partie de mon mémoire, de la méconine que pour la comparer à la narcéine, et faire voir que cette dernière en diffère totalement.

Continuant de procéder à l'analyse de la partie de l'opium soluble dans l'eau, et dont j'ai déjà retiré de la narcotine, de la morphine, de la méconine, de la narcéine et de l'acide méconique, il me reste à examiner la matière noire visqueuse à laquelle l'éther a enlevé la méconine. Cette matière dissoute dans l'eau laisse un dépôt insoluble analogue au marc d'opium dont l'analyse nous reste à faire ; cette partie insoluble par elle-même peut-être considérée comme ayant été entraînée, et même dissoute à la faveur des autres principes de l'opium ; nous la joindrons au marc d'opium, à l'analyse duquel nous allons arriver, lorsque nous en aurons terminé avec les dernières portions de la partie soluble, qui se réduit maintenant à la matière noire visqueuse soluble dans l'eau. Cette matière paraît contenir spécialement une substance qui jouit de propriétés acides, c'est-à-dire de s'unir aux bases salifiables et de précipiter certains sels métalliques. Cette substance acide est enveloppée d'une matière brune qui l'accompagne et la suit dans toutes ses combinaisons ; il est même difficile de décider si ce n'est pas la matière brune qui fait fonction d'acide. Quoi qu'il en soit, cette matière est encore enveloppée de matière gommeuse et de plus ou moins des diverses substances déjà signalées dans l'opium. Toutefois pour l'obtenir

dans un degré plus rapproché de l'état de pureté, nous l'avons précipitée par un sel de plomb. Après en avoir séparé une matière gommeuse insoluble dans l'alcool, le précipité lavé a été traité par l'hydrogène sulfuré; la liqueur est redevenue non-seulement acide, mais encore très-colorée. Je me propose d'examiner cette substance à la fin de la deuxième partie de ce mémoire ou dans une note à part.

Du reste, tant que je n'aurai pas obtenu cet acide blanc, cristallisé ou volatile, jouissant enfin de propriétés caractéristiques, je ne me hasarderai point de prononcer sur sa nature.

Examen du marc d'opium.

On se rappelle qu'en traitant l'opium par de l'eau distillée, je l'ai séparé en deux parties, l'une que j'ai appelée extrait d'opium, et l'autre insoluble, que j'ai désignée sous le nom de marc d'opium. C'est cette seconde portion de l'opium qui me reste à examiner.

On sait qu'en traitant directement l'opium par l'éther sulfurique, on obtient une teinture qui, évaporée spontanément, abandonne trois matières que l'on peut, quoique imparfaitement, séparer mécaniquement l'une de l'autre. La première de ces matières est la narcotine, l'autre est une sorte de matière huileuse, et la troisième est celle à laquelle M. Robiquet a donné le nom de caoutchouc. Le marc d'opium traité de la même manière fournit les mêmes produits. Toutefois je n'ai pas cru devoir suivre cette marche parce que les substances obtenues ainsi étaient salies l'une par l'autre.

Le marc d'opium a été traité par de l'alcool à 36 degrés jusqu'à épuisement. J'aidai à l'action dissolvante de l'alcool en élevant sa température, mais sans arriver au point de l'ébullition, et j'avais soin de ne filtrer les liqueurs qu'après refroidissement; l'expérience m'ayant appris que la substance désignée sous le nom de caoutchouc était à peine soluble dans l'alcool à chaud, et que le peu qui s'en dissolvait venait à se séparer par l'abaissement de la température, je laissai donc à dessein le caoutchouc dans le marc, sachant bien que je pourrais le reprendre.

Les solutions alcooliques distillées au trois quarts m'ont fourni par le refroidissement une quantité considérable de narcotine. Les eaux-mères alcooliques devenues trop aqueuses, ont été évaporées à siccité au bain-marie; le résidu repris par de l'alcool à 36 degrés et bouillant a donné par le refroidissement encore de la narcotine. Lorsque, par la reprise du même moyen, on a cessé d'obtenir de la narcotine, le résidu de l'évaporation qui se présentait sous forme d'une masse molle, grasse, onctueuse, d'un brun noirâtre, a été soumis à l'action de l'eau bouillante par plusieurs traitemens; les premiers étaient fortement colorés en brun noirâtre, les derniers étaient incolores. Les eaux évaporées ont donné à leur surface des cristaux qu'on enlevait, à fur et à mesure qu'ils se formaient, avec une lame d'argent percée de petits trous à l'instar d'une écumoire. Le résidu de l'évaporation était une matière extractive qui avait tous les caractères et toutes les propriétés de l'extrait gommeux d'opium; les cristaux étaient de la narcotine.

Le marc d'opium, malgré les nombreux lavages aux-

quels il avait été soumis, avait donc retenu un peu de matière extractive, ce qui prouve qu'après avoir épuisé l'action d'un dissolvant sur une matière végétale, ce même agent doit être repris et employé de nouveau, lorsque certains principes, qui par leur masse s'opposaient à son action, ont eux-mêmes été enlevés par des dissolvans subséquemment mis en usage.

La matière onctueuse ainsi dépouillée de parties extractives se dissolvait en entier dans l'alcool même à 40 degrés. Ici je dois placer une observation qui ne sera pas sans intérêt pour les chimistes qui s'occupent d'analyses végétales. Avant de m'être aperçu que la matière onctueuse retenait de l'extrait d'opium dont on pouvait la débarrasser par des lavages à l'eau bouillante, surtout en ayant soin de la redissoudre deux ou trois fois dans de l'alcool faible pour renouveler les surfaces, j'avais cru devoir la soumettre à l'action de l'alcool à 40 degrés et bouillant; or, comme par le refroidissement il se séparait une matière d'apparence résineuse, tandis que par l'évaporation des liqueurs filtrées froides j'obtenais une matière résineuse soluble dans l'alcool froid, j'avais été induit à admettre dans l'opium deux résines, tandis qu'il n'y a qu'une seule matière à laquelle on puisse donner ce nom, comme on le verra plus loin. J'avais pris pour une résine particulière caractérisée par son insolubilité à froid dans l'alcool absolu un mélange ou une combinaison indéfinie de la matière onctueuse avec de l'extrait d'opium. Je reviens à la matière onctueuse dépouillée d'extractif; cette matière traitée par l'éther sulfurique se sépare en deux parties, l'une qui se dissout dans l'éther, l'autre friable, brune, insipide;

c'est, ainsi que je l'établirai dans la deuxième partie de ce mémoire, la véritable résine de l'opium, que jusqu'ici on n'avait pas isolée et qu'on avait confondue avec le caoutchouc de l'opium et la matière huileuse; quant à celle-ci on l'obtient par l'évaporation spontanée de l'éther. Cette matière véritablement oléagineuse est molle et presque liquide, soluble dans l'alcool et les huiles; sa saveur est âcre et brûlante, ce qui doit faire présumer que son action sur l'économie animale ne doit pas être nulle. Nous reviendrons sur cette substance. Toutefois comme elle retient encore de la narcotine qui suit les matières solubles dans l'éther, et que nous n'avions pas entièrement séparées par les cristallisations dans l'alcool, il faut, pour en dépouiller totalement la matière grasse, traiter celle-ci par de l'eau acidulée avec l'acide hydrochlorique; la narcotine se dissout, et la matière grasse entièrement dépuillée de ce principe vient surnager à la surface du liquide.

La partie du marc d'opium qui n'abandonnait plus rien à l'alcool a été soumise à l'action de l'éther, qui s'est de suite fortement coloré; il a fallu plusieurs traitemens pour épuiser ce marc et lui enlever tout ce qu'il pouvait céder à l'éther. Par l'évaporation spontanée de l'éther, j'ai obtenu une substance brune et très-élastique; c'était le caoutchouc de M. Robiquet; en le traitant par l'alcool bouillant je suis parvenu à en séparer une certaine quantité de matière oléagineuse et un peu de narcotine; alors il était beaucoup plus ferme, s'attachant moins aux doigts, et ressemblait entièrement, du moins par ses caractères physiques, au véritable caoutchouc. Je me propose dans la deuxième partie de ce mémoire de l'exa-

niner comparativement au caoutchouc du commerce, et d'en présenter l'analyse élémentaire.

Quoiqu'il n'entre pas dans mon plan de faire connaître les propriétés des principes immédiats de l'opium à mesure que je les obtiens, parce que cela interromprait la marche de l'analyse, je crois devoir pourtant faire remarquer ici que les trois substances retirées du marc d'opium par l'alcool et l'éther diffèrent déjà entre elles en cela que la résine est soluble dans l'alcool et insoluble dans l'éther; que le caoutchouc est soluble dans l'éther et insoluble dans l'alcool, et que la matière huileuse est à la fois soluble dans l'éther et dans l'alcool.

Le marc d'opium épuisé par l'alcool et par l'éther a été traité par le naphte, mais n'a rien abandonné à ce nouveau dissolvant. Nous ferons cependant observer que si l'on fait agir le naphte avant l'éther sur le marc d'opium, le naphte enlève et dissout le caoutchouc; mais lorsqu'on veut avoir le caoutchouc de l'opium, il vaut mieux employer l'éther, parce que le naphte est trop adhérent au caoutchouc, qui en retient toujours une certaine quantité.

Le marc d'opium après toutes ces opérations était réduit à un très-petit volume. Me rappelant qu'il n'avait pas encore été soumis à l'action de l'eau bouillante, et voulant savoir d'ailleurs si, comme l'avait dit M. Seguin, il contenait une matière amylacée, je l'ai fait bouillir dans de l'eau distillée; l'eau est devenue mousseuse, légèrement opalescente; elle se troublait légèrement par l'alcool et le sous-acétate de plomb, mais elle ne donnait aucune teinte de bleu avec la teinture d'iode ou avec l'hydriodate de potasse et le chlore. Il n'y avait donc pas

d'amidon, et la petite quantité de matière que l'eau bouillante avait dissoute était donc plutôt gommeuse qu'amylacée. Du reste on ne pouvait ici trouver que des traces de gomme, car la gomme a dû être dissoute par l'eau froide; elle fait sans doute partie des matières incristallisables qui accompagnent l'acide brun de l'opium; c'est un objet sur lequel nous sentons qu'il y aura à revenir. Le résidu de tous ces traitemens paraissait à la vue être formé de deux matières bien distinctes; l'une fibreuse était évidemment du ligneux et pouvait être enlevée avec des petites pinces; l'autre ayant l'aspect de son ne pouvait aussi facilement être reconnue par ses caractères extérieurs; il me fallut donc la soumettre à quelques essais. Brûlée sur des charbons elle répandait une odeur qui participait de celle des matières végéto-animales et du ligneux; traitée par l'eau de potasse elle s'y gonflait et finissait par s'y dissoudre; l'eau fortement aiguisée d'acide hydrosulfurique, la solution était brune. A ces caractères, et à d'autres qu'il serait superflu de rapporter, j'ai reconnu une substance que j'ai souvent rencontrée dans l'analyse de plusieurs matières végétales et particulièrement des gommes résines qui, comme l'opium, sont des sucs propres concrétés, substance à laquelle j'ai donné le nom de bassorine parce qu'elle est la base de la gomme de Bassora examinée par Vauquelin.

Ici je termine l'analyse de l'opium et la première partie de ce mémoire. Si nous considérons maintenant l'ensemble des résultats que nous avons obtenus, nous remarquerons que l'opium est au moins composé de douze substances. De ces douze substances cinq peuvent

tre obtenues parfaitement blanches et à l'état cristallin, avoir, la narcotine, la morphine, la méconine, la narcéine et l'acide méconique. Les autres ne se présentent point sous des formes cristallines; cependant si on excepte l'acide brun et peut-être la matière gommeuse, ces matières ne doivent pas moins être considérées comme les principes immédiats; c'est d'ailleurs ce que je chercherai à établir dans la deuxième partie de ce mémoire, à la fin de laquelle je reviendrai également à des considérations générales applicables aux divers principes constituans de l'opium.

Tableau des principes immédiats de l'opium.

Narcotine,
Morphine,
Acide méconique,
Méconine,
Narcéine,
Acide brun et matière extractiforme,
Résine particulière,
Huile grasse,
Caoutchouc,
Gomme,
Bassorine,
Ligneux.

P. S. L'opium paraît contenir un principe volatile dont se charge l'eau que l'on distille sur cette substance. Je me propose d'examiner cette eau distillée à la surface de laquelle on n'aperçoit aucune trace de matière oléagineuse.

Nouvelles *Recherches sur l'Opium;*

Par J. Pelletier.

(Deuxième partie.)

Après avoir exposé la marche que j'ai cru devoir suivre pour procéder à l'analyse de l'opium, je vais reprendre quelques-uns des principes immédiats que j'ai obtenus pour relater les observations que j'ai été à même de faire en les étudiant. Je commencerai par la narcéine parce que cette matière étant nouvelle et par moi découverte, j'ai dû fixer mon attention plus spécialement sur elle.

De la narcéine.

La narcéine pure est toujours blanche et soyeuse; lorsqu'elle a cristallisé dans l'alcool elle est en aiguilles déliées allongées; lorsqu'elle a cristallisé dans l'eau les aiguilles sont plus aplaties et comme feutrées; les cristaux observés au microscope ont paru être des prismes à quatre pans. La narcéine n'a aucune odeur; sa saveur est légèrement amère, mais ce qui la distingue surtout de la saveur de la morphine et de celle de la narcotine, c'est qu'elle est accompagnée d'une sensation qui a quelque analogie avec celle qu'on éprouve lorsque plaçant la langue entre deux plaques métalliques, l'une de zinc et l'autre d'argent, on opère le contact. La narcéine demande pour se dissoudre 230 parties d'eau bouillante et 375 d'eau froide à la température de 14 degrés centigrades. Exposée à une

température plus élevée, mais incapable de la décomposer, la narcéine se fond ; on peut fixer son point de fusion au 92e degré du thermomètre centigrade ; en se figeant elle se prend en masse blanche translucide, présentant des végétations à sa surface, ce qui indique cristallisation ; à 110 degrés elle jaunit, et à une température plus haute elle se décompose sans se sublimer. Plus loin j'indiquerai les résultats de sa décomposition par le feu, car ici je n'en suis qu'à l'exposé de ses propriétés physiques et organoleptiques. La fusibilité de la narcéine est supérieure à celle de la morphine et de la narcotine. Les acides minéraux concentrés agissent sur la narcéine avec beaucoup d'énergie et la dénaturent complètement. Ces mêmes acides, affaiblis par une certaine quantité d'eau, mais au point seulement de ne plus réagir sur les élémens de la narcéine, se combinent avec elle comme avec une base salifiable organique du deuxième ordre (1); mais la combinaison de la narcéine avec les acides affaiblis, par exemple avec l'acide hydrochlorique fumant

---

(1) Je divise les bases salifiables organiques en trois ordres ; dans le premier je place les bases salifiables susceptibles de former avec la plupart des acides des sels neutres souvent cristallisables. Dans le deuxième ordre je place les bases salifiables organiques qui ne forment jamais de sels neutres avec les acides, mais qui s'y unissent en proportion définie et forment des sels quelquefois cristallisables. Dans le troisième ordre je mets les substances organiques qui ont des réactions alcalines, s'unissent aux acides mais sans les saturer, qui, quelquefois, s'en séparent par la seule force de conésion, qui même ne peuvent s'unir aux acides faibles. Je citerai par exemple dans ces trois ordres la quinine, la delphinine et la narcotine.

étendu d'un tiers d'eau, a lieu en présentant des phénomènes assez remarquables ; au moment où l'acide touche la narcéine, celle-ci prend une couleur bleue magnifique ; c'est un bleu d'azur plus ou moins foncé et d'une teinte brillante ; si on ajoute assez d'eau pour dissoudre la combinaison, on a une dissolution tout-à-fait incolore ; souvent avant de disparaître, la matière prend une teinte d'un rose violacé. Cette teinte ne se manifeste pas toujours, surtout quand l'eau dans laquelle on dissout les cristaux bleus n'est pas acide ; mais en laissant évaporer lentement la solution incolore on obtient une croute rose violacée qui finit par passer entièrement au bleu s'il n'y a pas trop d'acide dans la liqueur, car dans ce cas on n'a qu'une croute jaune, mais alors la matière est altérée. Curieux de bien connaître si véritablement ces trois teintes de bleu, de rose et de blanc étaient dues à l'eau, ce que semblait déjà indiquer le retour des phénomènes en sens inverse par l'évaporation, j'ai, dans une solution incolore d'hydrochlorate de narcéine, cherché à produire la couleur bleue en absorbant l'eau par un corps avide d'humidité : à cet effet j'ai choisi des sels ou des haloïdes qui ne pouvaient avoir aucune réaction acide ni alcaline, afin de pouvoir bien analyser le phénomène. J'ai placé un morceau de chlorure de calcium fondu ou fortement desséché dans une capsule, et je l'ai humecté avec une solution incolore d'hydrochlorate de narcéine ; à mesure que le chlorure de calcium absorbait l'eau en y séjournant, ses surfaces prenaient les couleurs rose, violette et bleue que nous avons signalées. Cette expérience a été répétée avec d'autres substances avides d'eau et a également réussi.

La narcéine dissoute dans l'eau à l'aide d'un acide faible, quoique cependant assez concentré pour produire la couleur bleue dans le maximum d'intensité, n'a subi aucune altération. En effet, si on ajoute dans la liqueur un alcali en solution, potasse, soude, ou ammoniaque, elle se précipite en aiguilles blanches feutrées, ayant l'aspect de la narcéine obtenue par cristallisation dans l'eau; cette narcéine n'avait éprouvé aucune altération, conservant tous ses caractères physiques et ses propriétés chimiques, entre autres celle de devenir bleue par les acides.

Ayant substitué à la solution alcaline, de la magnésie en poudre dans l'intention de décomposer une solution concentrée d'hydrochlorate de narcéine, j'obtins une masse pâteuse de couleur rosée; cette masse en se séchant devenait bleuâtre. Traitée par de l'acide hydrochlorique faible elle se dissolvait sans se colorer; traitée par de l'acide hydrochlorique seulement étendu de $\frac{1}{2}$ partie d'eau, elle devenait bleue; la magnésie avait donc agi sur l'hydrochlorate de narcéine d'une manière complexe; les premières portions avaient décomposé une partie de l'hydrochlorate de narcéine, mais l'hydrochlorate de magnésie s'emparant de l'eau avait fait passer la portion d'hydrochlorate de narcéine non encore décomposée à l'état de sel au second degré d'hydrotation; la masse étant devenue solide, la décomposition avait dû s'arrêter. En substituant à l'acide hydrochlorique les acides nitrique et sulfurique, on obtient les mêmes séries de phénomènes; seulement il faut étendre l'acide nitrique de 2 parties d'eau et l'acide sulfurique de 4 à 5 pour ne pas altérer ou même détruire la narcéine. L'acide hy-

drofluorique silicé produit les mêmes phénomènes.

Je n'ai pu produire la coloration en bleu avec les solutions des acides végétaux, mais en humectant d'une solution d'hydrochlorate de narcéine des cristaux d'acide oxalique, citrique ou tartarique, la coloration s'est manifestée par des zones violettes et bleues. L'acide citrique concentré dissout la narcéine sans la colorer, mais en ajoutant dans la solution du chlorure de calcium, les teintes violettes et bleues ne tardent pas à paraître. Nous avons dit que les acides minéraux concentrés détruisent la narcéine; revenant sur ce point j'ajouterai que j'ai plus spécialement étudié l'action de l'acide nitrique. A froid l'acide nitrique concentré dissout la narcéine en la colorant en jaune, sans aucune teinte de rouge lorsqu'elle ne retient aucune trace de morphine. Si l'on chauffe, elle dégage des vapeurs nitreuses, mais cependant peu abondantes; enfin les liqueurs concentrées abandonnent par le refroidissement des cristaux très-prononcés d'acide oxalique; la liqueur qui les baigne est sensiblement amère.

Les solutions métalliques ne m'ont présenté aucun phénomène remarquable avec la narcéine. Les sels neutres ou légèrement acides de fer n'ont aucune action sur la narcéine et n'y indiquent aucune trace de morphine lorsqu'elle a été suffisamment purifiée par deux ou trois cristallisations. A cette occasion je me suis assuré qu'il n'y avait aucun rapport entre la couleur bleue produite par les solutions de sels de fer sur la morphine et la couleur bleue produite par les acides sur la narcéine, car des solutions ferriques qui avaient une action très-marquée sur la morphine ne produisaient aucun changement dans la nar-

céine, tandis que les acides qui coloraient en bleu la narcéine ne produisaient aucune coloration avec la morphine. J'ai dit plus haut qu'en chauffant la narcéine à 92 degrés de température elle se fondait sans s'altérer, qu'au-dessus de 100 degrés elle brunissait et se décomposait. Si on augmente la chaleur, si on la chauffe à feu nu, elle se boursoufle, produit des vapeurs d'abord blanches, puis jaunâtres, et laisse un charbon volumineux; on trouve dans le récipient un liquide acide, peu coloré; une matière brune bitumineuse, d'une odeur balsamique, se rencontre dans le col de la cornue; on y remarque aussi des aiguilles blanches cristallines que d'abord j'avais prises pour du carbonate d'ammoniaque; mais loin d'être formées par un sel alcalin, ces aiguilles sont acides, rougissent fortement la teinture de tournesol, sont solubles dans l'eau et l'alcool, et enfin colorent en un bleu noirâtre les solutions de persel de fer. Ces cristaux sont-ils formés d'acide gallique? Je le crois. Cependant la petite quantité que j'en ai obtenue ne m'ayant pas permis de me livrer à des recherches plus suivies, je n'ose encore prononcer. Quoiqu'il en soit, ces phénomènes se lient à l'histoire de la narcéine, et je devais les relater. Il ne suffisait pas d'étudier la narcéine dans ses caractères physiques et chimiques, il fallait pour compléter son histoire et montrer qu'elle différait essentiellement des autres principes de l'opium, l'étudier dans sa composition, et déterminer la nature et la proportion de ses élémens; j'ai donc procédé à son analyse élémentaire d'après la méthode de M. Gay-Lussac, en prenant d'ailleurs toutes les précautions relatées dans le mémoire que j'ai eu l'honneur de lire à l'Académie conjointement avec

mon ami M. Dumas, et surtout en me servant des appareils si heureusement imaginés par M. Gay-Lussac pour la détermination exacte des volumes de gaz. Je n'ai pas fait moins de six expériences, dont trois pour déterminer le volume de gaz et trois pour constater sa composition. Voici la moyenne des résultats obtenus :

Carbone.....	54,73
Azote.....	4,33
Hydrogène.....	6,52
Oxigène.....	34,42
	100,00

Si l'on calcule d'après cette analyse la constitution atomique de la narcéine, on trouve qu'elle est formée de

Carbone.....	16	atomes.
Azote.....	1	
Hydrogène....	24	
Oxigène.....	8	

Ce qui donne, sauf correction lorsque la capacité de saturation de la narcéine aura été déterminée, le nombre 2261,31 pour le poids atomique de la narcéine. Si, d'après ces données, on calcule ce que deviendrait l'analyse exprimée en centièmes, on trouvera :

Carbone.....	54,08
Azote.....	3,92
Hydrogène....	6,62
Oxigène.....	35,37

nombres qui diffèrent fort peu de ceux trouvés par l'expérience.

Observations sur la narcotine.

M. Berzélius regarde la narcotine comme une base salifiable organique; je partage cette opinion en rangeant toutefois la narcotine parmi les alcaloïdes, c'est-à-dire parmi les bases organiques de deuxième ordre. En effet les combinaisons que forme la narcotine avec les acides ne sont stables que lorsque ces acides sont puissans. J'ai le premier fait voir que l'acétate de narcotine se décomposait par la chaleur, et j'ai indiqué l'emploi de l'acide acétique pour séparer la narcotine de la morphine. Je regarde la narcotine comme existant dans l'opium libre de toute combinaison acide, à moins de considérer comme faisant fonction d'acide la matière grasse qui l'accompagne constamment.

Excepté le cas où on admettrait cette supposition, tous les faits rapportés dans la première partie de ce mémoire tendent à faire regarder la narcotine comme étant libre dans l'opium; c'est d'ailleurs l'opinion généralement admise en France, tandis qu'en Allemagne l'opinion contraire paraît avoir prévalu. En effet on lit dans un ouvrage célèbre, et qui mérite bien de faire loi dans le monde savant, que si l'on traite de l'opium en poudre ou de l'extrait aqueux d'opium par de l'éther sulfurique, l'éther dissout les sels narcotiques; qu'après l'évaporation de l'éther, on obtient entre autres produits une masse saline brune confuse qui rougit le papier de tournesol et contient un sel narcotique dont l'acide n'a pas encore été reconnu; qu'on dissout ce sel dans l'eau chaude ou l'alcool bouillant, et qu'on en précipite la narcotine en y versant de l'ammoniaque.

J'ai répété ces expériences avec beaucoup d'attention, et j'ai vu que les cristaux qui se séparent de la teinture éthérée, cristaux qu'on peut avoir presque blancs en les lavant avec un peu d'éther très-froid, sont insolubles dans l'eau bouillante, et consistent en narcotine pure ou simplement unie à un peu de matière grasse. L'éther qui surnage les cristaux étant entièrement évaporé, il reste du caoutchouc, de la matière grasse et des cristaux de narcotine, le tout imprégné d'une liqueur aqueuse légèrement acide. Cette liqueur était formée d'eau et d'acide acétique contenant de la narcotine en dissolution, narcotine que l'on peut précipiter par de l'ammoniaque, comme il est dit dans l'ouvrage que nous venons de citer, mais dont la quantité n'est pas le vingtième de celle obtenue directement par l'évaporation de l'éther; je crois même que l'acide acétique provenait de la décomposition d'une petite quantité d'éther, car j'ai souvent remarqué cette formation d'acide acétique en traitant des matières végétales par l'éther sulfurique. La narcotine s'unit à tous les acides minéraux puissans. Toutefois je n'ai pu obtenir aucune de ces combinaisons cristallisées, si ce n'est l'hydrochlorate de narcotine que M. Robiquet a déjà décrit.

M. Liebig, dans ses belles recherches sur la composition élémentaire des alcalis végétaux, ayant pour la narcotine trouvé des nombres un peu différens de ceux que M. Dumas et moi avions donnés dans notre mémoire sur l'analyse des alcalis organiques, j'ai cru devoir répéter l'analyse de la narcotine avec toutes les précautions possibles. La narcotine sur laquelle j'agissais avait été purifiée avec le plus grand soin; elle ne contenait aucune

trace de morphine et avait été entièrement dépouillée de matière grasse; elle était parfaitement cristallisée et d'une blancheur éclatante; elle m'a donné :

Carbone.....	65,16
Azote.....	4,31
Hydrogène....	5,45
Oxigène.....	25,08

ou

			Analyse calculée.
Carbone...	17 atomes.	Carbone...	65,17
Azote.....	1	Azote.....	4,33
Hydrogène.	17	Hydrogène.	5,31
Oxigène...	5	Oxigène...	25,07

Cette analyse se rapproche beaucoup des résultats obtenus par M. Liebig pour l'évaluation du carbone et de l'hydrogène, mais je trouve plus d'azote; j'ai recommencé l'analyse plusieurs fois, et j'ai trouvé toujours cet excès d'azote. Convaincu des soins que j'avais apportés, et sachant quelle était l'habileté de M. Liebig, je dois en conclure qu'il devait se trouver quelque différence dans les échantillons de narcotine analysés par M. Liebig et les miens; peut-être la narcotine de M. Liebig retenait-elle un peu de matière grasse. Je lui soumets cette idée.

Observations sur la morphine.

La morphine est de tous les principes immédiats qu'on rencontre dans l'opium celui qui a été le mieux étudié; cependant quelques points de son histoire restent encore à éclaircir. Ainsi par exemple la manière dont le chlore, l'iode, le brôme et leurs composés agissent sur

la morphine est encore peu connue; cependant je ne m'en occuperai pas ici, quoique j'aie déjà des observations sur ce point, parce que je me propose d'en faire l'objet d'un travail spécial en y comprenant l'action des mêmes agens sur les autres alcalis végétaux. Je ne consignerai maintenant que des recherches sur la réaction qui a lieu entre la morphine et les sels de fer au maximum d'oxidation.

Une propriété caractéristique de la morphine est celle qu'elle possède de développer une très-belle couleur bleue lorsqu'on la met en contact avec un sel de peroxide de fer. Cette propriété remarquable a été signalée par M. Stephane Robinet, mais que je sache, ni lui ni un autre chimiste n'ont cherché à déterminer ce qui se passait dans cette singulière réaction. On ignore si la couleur bleue est due à une combinaison de la morphine avec les sels de fer sans altération, ou si la morphine est altérée et donne lieu à une combinaison nouvelle. Pour remplir cette lacune dans l'histoire de la morphine, je me suis livré à quelques expériences.

J'ai traité de la morphine par une solution d'hydrochlorate de peroxide de fer aussi neutre que possible et fort concentrée, la morphine a pris sur le champ une couleur d'un bleu foncé; cette couleur s'est bientôt affaiblie. Au bout de 24 heures le tout était pris en une masse cristalline comme mamelonnée, d'un blanc sale, ressemblant à de l'hydrochlorate de morphine; en ajoutant de l'eau peu à peu, la matière cristalline a repris la couleur bleue et s'est dissoute dans l'eau; on a filtré promptement, *il ne s'était pas séparé un atome d'oxide de fer*; la liqueur a alors été mise à évaporer à une douce

chaleur; concentrée à un certain point et placée dans un lieu frais elle a fourni des cristaux qui, lavés avec un peu d'eau froide, ou purifiés par une solution et une cristallisation subséquentes, se sont trouvés être de l'hydrochlorate de morphine très-pur. Cet hydrochlorate traité par le chloride de fer a reproduit les phénomènes déjà observés.

La liqueur bleue qui ne donnait plus de cristaux a été soumise à quelques essais; étendue de beaucoup d'eau, elle a pris une teinte rose très-prononcée; exposée long-temps à l'air, elle a laissé précipiter du peroxide de fer et s'est décolorée. Lorsqu'elle a été préparée avec de l'eau bien privée d'air et qu'on la conserve dans des vases clos, la couleur se maintient et il ne se précipite pas d'oxide de fer. Avant d'aller plus loin remarquons que puisqu'il se forme de l'hydrochlorate de morphine en quantité notable lorsqu'on met la morphine en contact avec une solution ausssi neutre que possible d'hydrochlorate de fer au maximum, il faut nécessairement qu'il y ait de l'acide hydrochlorique enlevé à l'oxide de fer; mais comme il ne se sépare pas d'oxide de fer, il faut que celui-ci reste dans la liqueur à l'état de combinaison nouvelle. Remarquons encore que le fer ne doit pas être dans cette combinaison à l'état de peroxide, car lorsqu'on expose la liqueur à l'air, et que par là le fer peut passer à l'état de peroxide, celui-ci se dépose et la liqueur se décolore. Il paraîtrait donc que dans l'action que la morphine exerce sur l'hydrochlorate de peroxide de fer, indépendamment de la quantité qui s'unit sans s'altérer à l'aide d'hydrochlorique, une portion de la morphine, ou quelques-uns de ses élémens, s'emparerait

d'une partie de l'oxigène du peroxide de fer, et formerait un corps électro-négatif qui se combinerait avec l'oxide de fer ; on pourrait désigner cette combinaison sous le nom de morphite de fer. Continuons nos recherches tant dans le but de confirmer cette théorie que dans celui d'obtenir le morphite de fer. La liqueur bleue qui ne donnait plus de cristaux d'hydrochlorate de morphine a été évaporée à siccité et a laissé une masse brunâtre déliquescente, ressemblant à du tartre martial ; cette masse traitée par l'alcool ne s'est dissoute qu'en faible proportion, et il est encore resté une matière qui se redissolvait très-bien dans l'eau et la colorait en violet. Les teintures alcooliques évaporées spontanément ont fourni une matière violâtre qui a été reprise par l'éther sulfurique ; l'éther s'est chargé d'une partie de la substance et a pris une teinte légèrement verdâtre. Par l'évaporation spontanée de l'éther on a obtenu deux produits distincts, l'un, non cristallisé, était du chloride de fer, le second, peu abondant, était formé de petits cristaux verdâtres translucides ; ces cristaux se dissolvaient dans l'eau en lui communiquant une couleur bleue magnifique. Il ne faut qu'un atome de cette matière pour produire le phénomène de la coloration dans une masse d'eau considérable. Cette concentration de propriété colorante dans cette matière et sa propriété de cristalliser me la fait regarder comme étant la substance bleue produite par les sels de fer sur la morphine dans l'état le plus grand de pureté où l'on puisse l'obtenir. En résumé de cet article, il paraît que dans la réaction de la morphine sur les sels de peroxide de fer, une portion de la morphine change de nature en s'emparant d'une partie de l'oxigène

de peroxide de fer, et forme avec l'oxide de fer, à un état inférieur d'oxidation, une combinaison qui devient d'un bleu très-intense en s'unissant à l'eau.

De la résine de l'opium.

En nommant résine la substance retirée du marc d'opium soluble dans l'alcool et insoluble dans l'éther, dépouillée de matière grasse et de caoutchouc, j'ai eu plus égard peut-être à ses propriétés qu'à sa composition élémentaire. J'avoue aussi que j'ai craint de multiplier par trop le nombre des principes immédiats des végétaux. Peut-être un jour les chimistes secoueront-ils entièrement un joug dont se sont affranchis depuis long-temps les naturalistes, qui ne reculent pas pour établir un nouveau genre, une nouvelle espèce, lorsque l'observation leur fait reconnaître dans un groupe d'individus des caractères de premier ordre qui les distinguent du genre ou de l'espèce dans lesquels ils avaient d'abord été compris.

Quoi qu'il en soit du nom par lequel on croira devoir la désigner, la substance qui m'occupe en ce moment est brune, inodore, insipide, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool en toutes proportions; elle se ramollit par la chaleur et devient presque liquide; chauffée à feu nu elle se boursoufle, donne beaucoup d'huile pyrogénée et d'hydrogène percarboné.

Elle se dissout très-bien dans les alcalis même à froid; sa solution dans l'ammoniaque est permanente. En la considérant comme résine, elle prendrait donc place parmi les résines fortement électro-négatives, d'après la

classification de Unverdorben, admise par M. Berzélius. La solution de la matière résineuse de l'opium a lieu par la soude et la potasse sans dégagement d'ammoniaque, quoique la substance soit azotée ; mais la morphine en se dissolvant dans la potasse ne dégage pas non plus d'ammoniaque.

C'est à la présence de l'azote, que j'ai constatée dans cette substance en en faisant l'analyse élémentaire, qu'elle méritera sans doute d'être séparée des résines de la plupart desquelles elle diffère déjà par son insolubilité dans l'éther. Toutefois cette insolubilité dans l'éther qui ne se rencontre point dans toutes les résines, n'avait pas dû m'arrêter pour sa dénomination.

Voici les résultats de son analyse :

		Atomes.	Résultats calculés.
Carbone	59,825	16	59,51
Azote	4,816	1	4,30
Hydrogène . .	6,813	23	6,98
Oxigène	28,546	6	29,19

De la matière oléagineuse de l'opium.

Cette matière qui accompagne la narcotine retirée du marc d'opium, et qu'on en sépare en suivant les procédés que j'ai indiqués dans la première partie de ce mémoire, est ordinairement jaune ou brunâtre ; je crois cependant que la couleur jaune ou brune lui est étrangère, et qu'à l'état de pureté parfaite elle doit être blanche. Je l'ai même obtenue deux ou trois fois presque incolore en dissolvant dans de l'acide hydrochlorique très-étendu de la narcotine blanche, retirée du marc d'opium

par de l'alcool et mise en contact avec du charbon animal : en blanchissant la narcotine j'avais blanchi la matière grasse qui l'accompagnait. Cette matière grasse ou oléagineuse, qui se trouve dans l'opium en petite quantité, doit être considérée plutôt comme un acide gras analogue à l'acide oléique que comme un corps gras neutre. En effet, malgré les lavages multipliés, la matière grasse conserve des propriétés acides ; son solutum alcoolique rougit le papier de tournesol. Sa solution dans l'alcool tend aussi à la faire considérer comme un acide gras, car on sait que les corps gras non acides sont généralement moins solubles dans l'alcool que les acides gras. Enfin elle s'unit presque instantanément à la potasse et à la soude et forme de véritables savons. Si l'on décompose ces savons par de l'acide tartrique, on obtient la matière grasse semblable à ce qu'elle était avant d'avoir été combinée à l'alcali.

Brûlée par le deutoxide de cuivre elle ne fournit pas d'azote. Elle est formée de :

	Atomes.	En centièmes
Carbone.	6	72,39
Hydrogène. . .	12	11,82
Oxigène.	1	15,78

Du caoutchouc de l'opium.

Le nom de caoutchouc donné à cette substance par M. Robiquet me paraît devoir être conservé ; les expériences comparatives que j'ai faites m'ont démontré que le caoutchouc du commerce et celui de l'opium se rapprochaient trop par leurs propriétés pour ne pas être

considérés comme étant de la même espèce; ce sont tout au plus deux variétés. J'ai remarqué que les corps qui dissolvent le caoutchouc du commerce, tels que la naphte, les huiles volatiles, quelques éthers, dissolvent aussi le caoutchouc de l'opium; ce dernier est seulement plus facile à dissoudre que celui du commerce, ce qui provient sans doute de son état moins grand d'aggrégation. Peut-être le caoutchouc ordinaire sortant de l'état laiteux dans lequel on commence à nous l'expédier présenterait-il moins de différence.

J'ai procédé à l'analyse élémentaire du caoutchouc de l'opium. Voici la moyenne de quatre expériences :

		Atomes.	Produits calculés.
Carbone . . .	87,89	3	88,025
Hydrogène .	12,11	5	11,177

Ces résultats diffèrent extrêmement peu de ceux obtenus par M. Faraday dans l'analyse du caoutchouc ordinaire; ce chimiste habile a trouvé que le caoutchouc était formé de 87,2 de carbone et de 12,8 d'hydrogène.

De quelques autres principes immédiats de l'opium.

Laissant à faire à M. Couërbe, mon élève et mon ami, le chapitre de la méconine, à la découverte de laquelle il a pris tant de part, il me resterait à parler de l'acide méconique, de la matière brune extractive acide (acide brun), de la bassorine, de la gomme et du ligneux, mais ces trois dernières substances sont trop peu importantes pour nous y arrêter. Je m'abstiendrai de parler de l'acide méconique ayant appris que M. Robiquet en faisait en

ce moment l'objet d'un travail spécial. Quant à l'acide brun, j'avoue que je ne suis pas encore assez avancé dans cette partie de mon travail pour le soumettre à l'Académie ; j'ai rencontré des difficultés que je n'ai pu surmonter encore. Je préfère l'ajourner que de la donner trop imparfaite.

Considérations générales et conclusions.

Dans la première partie de ce mémoire j'ai présenté la marche analytique à l'aide de laquelle j'étais parvenu à séparer les 12 principes immédiats dont je trouvai que l'opium était formé. Dans la deuxième partie j'ai examiné spécialement les propriétés de la narcéine, substance encore inconnue, et j'ai tâché de mettre son histoire au niveau de celle des autres principes immédiats de l'opium ; j'ai ajouté à l'histoire de ceux-ci quelques faits nouveaux.

Je me proposais d'examiner l'action qu'exerceraient sur l'économie animale les divers principes immédiats de l'opium à l'état de pureté chimique. Je devais être aidé dans cette partie de mon travail par un jeune docteur de mes amis ; mais ses occupations dans l'épidémie qui n'a pas cessé ses ravages, ne lui ont pas permis de se livrer à ce travail, et j'avais hâte de publier la partie chimique. Nous reprendrons ce sujet, qui pourra faire l'objet d'un nouveau mémoire, s'il n'est pas traité par des mains plus habiles. Revenant donc, pour terminer, à des conclusions purement chimiques, je ferai observer que sur les 12 substances qui composent l'opium, 4 sont électro-positives, c'est-à-dire faisant fonctions de bases :

savoir, la morphine, la narcotine, la méconine et la narcéine ; que parmi les quatre bases, la morphine seule doit être considérée comme base salifiable du premier ordre, puisque seule elle peut former des sels neutres. Que trois substances dans l'opium sont électro-négatives ou faisant fonction d'acides, l'acide méconique, l'acide brun ou matière extractiforme, et l'acide gras. Peut-être y doit-on joindre la substance à laquelle j'ai encore laissé le nom de résine ; qu'enfin dans l'opium, le caoutchouc, la gomme, la bassorine et le ligneux doivent être considérés comme des substances chimiquement indifférentes.

Nouvelles *expériences electro-magnétiques* ;

Par MM. Nobili et Antinori.

(Traduit de l'italien.)

Il y a quelques années que le magnétisme était si peu connu, qu'on le regardait bien justement comme la plus difficile et la plus mystérieuse de toutes les branches de la physique. En 1820, la découverte de M. OErsted fraya un nouveau chemin, où M. Ampère se distingua parmi tous : c'est lui qui fixa les véritables lois de l'électricité dynamique, et qui, par ces lois, démontra les phénomènes du magnétisme, en partant d'une seule idée fondamentale, savoir : que les molécules des métaux magnétiques ne sont autre chose qu'autant d'anneaux électro-dynamiques, autant de petites combinai-

sons *voltaïques* où circulent les courans électriques, de la même manière qu'ils circulent dans les circuits bien plus grands des piles ordinaires.

Peu de temps après, en 1824, M. Arago découvrit une nouvelle espèce de magnétisme qu'on connaît généralement sous le nom de *magnétisme de rotation*. Plusieurs physiciens essayèrent, mais avec peu de succès, de rallier ce nouveau magnétisme à l'ancien : un seul d'entre eux, peut-être, sut résister à la séduction des vues spéculatives ; c'est l'inventeur lui-même, M. Arago, dont on fait l'éloge en deux mots, en disant qu'il fut toujours aussi ardent et fertile en ressources dans la voie des découvertes, qu'il fut calme et circonspect dans le domaine des théories. On a peu ajouté ensuite aux expériences capitales de M. Arago, et pendant tout ce temps le magnétisme de rotation est resté isolé au milieu des autres branches de la science. Nous arrivons finalement à la découverte de M. Faraday. Nous avons récemment vérifié, étendu, peut-être rectifié dans quelques parties les résultats du physicien anglais : nous avons dit alors que le magnétisme de rotation trouvait son véritable point d'appui dans les nouveaux faits de M. Faraday, et que, par conséquent, la théorie de ce magnétisme nous paraissait à présent tellement avancée, qu'elle méritait bien qu'on entreprît enfin de développer les principes physiques dont elle dépend. L'écrit que nous faisons paraître est destiné à remplir ce vide : il se partage en trois articles. Dans le premier nous nous occuperons de la nature du phénomène, et, les fils du galvanomètre à la main, nous découvrirons sur le disque de M. Arago tous les courans qui s'y forment au moment

de la rotation. Après avoir déterminé ces courans, nous passerons au second article, dans lequel, en parcourant rapidement les belles observations du premier inventeur, nous démontrerons de quelle manière on peut les expliquer tout naturellement par les nouvelles lois de l'électro-magnétisme. Nous confronterons ensuite, dans le troisième article, les courans du magnétisme de rotation avec ceux des spirales électro-dynamiques de M. Faraday : ce qui mettra dans son plein jour l'identité de la cause qui produit ces deux classes de phénomènes. Nous ajouterons en dernier lieu une petite appendice sur les métaux magnétiques, le fer et l'acier, afin de compléter notre travail par l'examen des observations spéciales de M. Haldat.

Ier ART. *Nature du magnétisme de rotation.*

Observation fondamentale.

Lorsqu'un disque de cuivre ou d'autre métal tourne sous l'action d'un aimant, il se développe en général sur ce disque des courans qui se rendent sensibles au galvanomètre; nous avons déjà signalé ces courans dans nos premières recherches (1); mais il s'agit maintenant de les déterminer d'une manière précise; il faut donc examiner les différentes régions du disque bien plus en détail que nous ne le fîmes alors. Voilà la manière de faire cette espèce d'examen :

---

(1) *Anthologie*, n° CXXXI, p. 159.

Explorateurs (SONDES, SCANDAGLI) *galvanométriques.*

On attache deux longs fils de métal aux extrémités d'un bon galvanomètre; les deux autres bouts de ces fils étant libres, on les applique sur le disque de cuivre après les avoir unis à deux pointes coniques du même métal, et assez épaisses pour ne pas fléchir sous la pression des doigts. Il suffit de cette pression, qu'on exerce sur le disque en question, pour assurer les communications, et pourvu qu'elle ne soit pas trop forte, on évite tout développement de courans thermo-électriques. Ainsi l'effet qu'on obtient dérive entièrement de la cause qu'on recherche, sans qu'il soit besoin de rectifier les résultats (1).

Comme il nous faudra nommer à tout moment les fils attachés au galvanomètre, et qui sont promenés sur le disque pour découvrir les courans qui s'y forment, nous allons les appeler d'une manière également concise et caractéristique *sondes*. Il est bon d'avertir que le

---

(1) Cette précaution se rapporte à notre première manière d'expérimenter : nous l'avions compliquée sans nécessité d'un élément étranger, tandis que pour éviter entièrement les courans thermo-électriques, il suffit de ne pas appuyer avec force la pointe des *sondes* sur le disque de cuivre. D'abord on craint de ne pas assurer suffisamment les contacts, et on commence par comprimer plus qu'il ne faut; mais ensuite on réduit facilement la force à ce degré qui remplit en même temps la condition du contact et celle de ne pas dégager de courans étrangers à ceux qu'on se propose d'examiner (voyez l'*Anthologie de Florence*, n° CXXXI, p. 160).

galvanomètre doit être placé à une telle distance de la machine de rotation, qu'il ne ressente point l'influence des aimans qu'on fait agir sur les disques de cuivre. C'est pourquoi les *sondes* doivent avoir une certaine longueur, ainsi qu'on l'a dit ci-dessus.

On peut présenter le magnétisme à l'action du disque de différentes manières ; toutes les dispositions se réduisent pourtant à deux, savoir : la centrale et l'excentrique : la *centrale* a lieu lorsqu'une aiguille ou cylindre magnétique quelconque est suspendu verticalement sur le centre du disque ; l'*excentrique* lorsque les aiguilles aimantées agissent en dehors de ce point.

Disposition centrale.

En ce cas, l'aimant agissant sur le centre du disque, les *sondes* ne transmettent au galvanomètre aucun signe de courant, quelque part qu'elles soient placées ; et si on remarque par hasard des petites déviations, ce n'est que par défaut de centralisation ; de sorte qu'on n'a qu'à corriger ce défaut pour voir disparaître aussitôt tous les signes de source équivoque.

Ce fait, quoique négatif, est assez intéressant en ce qu'il commence à éclaircir la nature du magnétisme de rotation. Effectivement, qu'arrive-t-il à une spirale électro-dynamique qui tourne tout autour de son propre centre, toujours en face du même pôle magnétique? Rien absolument ; c'est une circonstance indifférente que celle de tourner. La formation des courans tient à une tout autre condition, car ils ne se manifestent que dans le moment qu'on approche ou qu'on éloigne

les spirales des aimans ; tant que les spirales demeurent en présence, qu'elles se meuvent ou non, il n'y a point de courant, de la même manière qu'il n'y en a pas dans le cas de rotation centrale, où les points du disque restent constamment à une même distance du pôle magnétique, en renouvelant ainsi la combinaison de présence continuée, à laquelle les nouvelles lois des courans de M. Faraday n'assignent aucun effet (1). Ce premier cas est déjà bien concluant, mais le second que nous allons voir l'est bien davantage.

Disposition excentrique.

Cet appareil est représenté par la figure 1re. DD indique la projection horizontale du disque de cuivre, le petit cercle N indique celle du cylindre aimanté sus-

(1) Ces lois se réduisent à trois : elles se vérifient l'une après l'autre. Nous allons les énoncer ici une fois pour toutes.

La Ire loi a lieu lorsqu'on approche une spirale au pôle d'un aimant, soit ordinaire, soit électro-dynamique, formé d'après les principes connus de M. Ampère. Dans ce premier instant il se produit dans la spirale un courant qui marche en direction contraire du courant producteur. L'effet qui en résulte entre les deux systèmes est donc la *répulsion*, en vertu du principe de M. Ampère que *les courans contraires se repoussent*.

La IIe loi se vérifie après la première. Le courant qui se produit au moment où l'on présente une spirale à un aimant, s'éteint aussitôt, et une fois éteint il ne se reproduit plus, quoique en présence de la cause qui l'a excité d'abord.

La IIIe et dernière loi se vérifie après la seconde, c'est-à-dire au moment où l'on soustrait la spirale à l'influence de l'aimant. Il se reproduit alors un courant passager comme le pre-

pendu verticalement au-dessus du disque, à une distance donnée du centre C.

Les phénomènes que nous allons décrire peuvent être rendus inverses soit par l'inversion de la rotation, soit par l'inversion de l'aimant. Pour fixer nos idées, supposons d'abord que le disque tourne dans le sens de la flèche R, et que la barre magnétique ait son pôle *nord* vers le disque, et le pôle contraire en haut (1). Les petites flèches placées autour du petit cercle N, marquent la direction des courans qu'on suppose exister dans les aimans, après les avoir comparés avec les cylindres électro-dynamiques, et avoir reconnu dans ces derniers les mêmes propriétés que dans les premiers. R étant la flèche qui désigne le sens de la rotation, les parties du

---

mier, mais qui, par sa direction, en est le *contre-courant*, car il marche dans le sens du courant producteur. L'effet qui en résulte entre les deux systèmes est donc l'*attraction* en vertu de l'autre principe de M. Ampère que *les courans ayant une même direction s'attirent réciproquement*.

Après un tel exposé on peut ainsi résumer ces trois lois :

Ire loi. Pendant le rapprochement.	Courant produit contraire au courant producteur. Répulsion entre les deux systèmes.
IIe loi. La distance ne variant pas.	Point d'effet.
IIIe Loi. Pendant l'éloignement.	Courant reproduit dans la même direction du courant producteur. Attraction entre les deux systèmes.

(1) Dans la dénomination des pôles nous suivons l'usage italien qui appelle *nord* le pôle qui se dirige au septentrion, et par conséquent *sud* le pôle tourné vers le midi.

disque qui entrent successivement sous l'influence du pôle N, sont les parties *n*, *n*, *n*,.... et celles au contraire qui en sortent sont les parties *s*, *s*, *s*....

Dès que la rotation commence, les parties que nous venons de nommer deviennent le foyer de courans qui se manifestent au galvanomètre par les moyens que nous avons déjà décrits. Les effets qui en dérivent sont très-marqués, et ils suffisent pour résoudre la question principale, qui consiste à savoir la direction que suivent les courans là où ils sont produits. Dans les parties *n*, *n*, *n*... qui entrent, cette direction est évidemment contraire à la direction qui a lieu dans les parties *s*, *s*, *s*.... qui sortent. Effectivement, commençons par examiner les points AB (fig. 2e) qui entrent, et le galvanomètre nous indique aussitôt un courant qui marche dans le sens de la flèche AB; maintenant, pour éviter toute méprise, transportons de suite les *sondes* de l'autre côté en A′B′, et l'instrument va marquer immédiatement le courant contraire B′A′.

Ces premières recherches on les suppose faites sur des arcs extérieurs au pôle N. En examinant les arcs intérieurs *ab*, *a′b′*, on y trouve les courans *ba*, *a′b′* opposés entre eux, et l'un et l'autre également opposés à leurs corrélatifs AB, B′A′.

Nous multiplierons ensuite ces recherches : pour le moment nous nous arrêterons aux effets que nous venons d'obtenir pour en tirer les deux conséquences qui nous intéressent actuellement.

L'une de ces conséquences ressort de l'inspection immédiate des flèches qui marquent les courans dans les deux régions du disque, et c'est que *sur les parties qui*

entrent il se développe un système de courans contraire à celui qui se produit de l'autre côté.

L'autre conséquence on l'obtient en comparant les courans produits sur le disque avec les courans de la cause productrice, et c'est que *sur les parties qui entrent, la direction des courans est contraire à celle des courans producteurs, tandis que de l'autre côté il y a identité de direction dans les deux systèmes.*

Nous avons appelé ailleurs le magnétisme des spirales électro-dynamiques de M. Faraday du nom de *double magnétisme*, inverse et direct : *inverse* au moment où il se produit ; *direct* au moment où il va disparaître. Une telle dénomination nous paraît exacte et applicable au magnétisme de rotation. Et à la vérité les parties *n*, *n*, *n*..... qui entrent, et les *s*, *s*, *s*..... qui sortent, que sont-elles sinon des foyers de courans agissant en sens contraire ? On voit dominer la *répulsion* en *n*, *n*, *n*, comme si ces parties, en s'approchant du pôle nord, étaient transformées en autant de pôles de même nom ; on voit au contraire dominer en *s*, *s*, *s* l'attraction, comme si, par l'éloignement des parties du même centre d'action, il s'opérait sur elles l'inversion du premier magnétisme.

Il n'en faut pas davantage pour passer au second article.

IIe ART. *Observations de M. Arago.*

« L'action qu'un disque circulaire, horizontal et tour-
« nant sur son propre centre exerce sur l'un des pôles
« d'une aiguille aimantée, peut être décomposée en trois
« forces : la première verticale ou perpendiculaire au

« disque ; la seconde horizontale et perpendiculaire au « plan vertical qui contient le rayon sur lequel tombe « la projection du pôle de l'aiguille, la troisième ayant « une direction parallèle au même rayon (1). »

I. La première force est répulsive comme on l'aperçoit par les aiguilles qui, étant placées verticalement au-dessus du disque, sont suspendues de manière à être parfaitement mobiles dans le sens vertical. C'est alors qu'elles sont repoussées en haut, comme si le disque était aimanté en sens contraire.

Explication.

Nous avons sur le disque des forces qui attirent l'aiguille, d'autres qui la repoussent. Les premières se trouvent dans les parties qui s'éloignent de l'influence de l'aiguille, les secondes dans les parties qui en approchent. Si on considère ces forces dans leur ensemble, la somme des unes ne diffère pas de la somme des autres ; mais relativement à l'aiguille sur laquelle elles agissent, leur distribution n'est pas la même. Les forces répulsives, étant les plus proches, envahissent le disque jusque sous l'aiguille, et obtiennent ainsi la prépondérance sur l'action des forces contraires, qui s'exerce plus obliquement et de plus loin. En somme ce n'est qu'une partie des forces répulsives qui est balancée par les forces attractives ; le reste ne trouve aucune opposition, et c'est ce reste qui produit l'effet.

Nous ne savons pas si M. Arago a expérimenté la dis-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXII, p. 218.

position centrale, c'est-à-dire celle où l'aiguille verticale répond au centre du disque. Ce cas a déjà été discuté dans le premier article, et nous savons qu'une telle combinaison n'excite point de courans sur le disque ; aussi ne devrait-il se manifester aucun mouvement dans l'aiguille. Effectivement elle demeure en repos, ainsi que nous nous en sommes assurés par une expérience directe, quoique pour nous le résultat ne pût offrir aucun doute.

II. La seconde composante est la force tangentielle qui imprime le mouvement de rotation aux aiguilles horizontales.

Explication.

Supposons que le cylindre vertical, que nous venons d'examiner dans la disposition excentrique de la 1re figure, fût mobile autour du centre de rotation du disque; en ce cas qu'arriverait-il? Il existe en *s*, *s*, *s* des forces d'attraction vers lesquelles il est attiré, et il y a en *n*, *n*, *n* des forces répulsives qui le poussent vers ce même côté. C'est donc par là qu'il sera entraîné dans la rotation, et il le sera par le concours réuni des deux espèces de forces qui se développent sous lui.

Il n'est pas besoin de plus longs éclaircissemens pour le cas ordinaire des aiguilles horizontales. L'effet est doublé par les deux pôles qui subissent tous les deux le même genre d'impulsion, comme cela apparaît évidemment par la fig. 3e, où l'on représente pour le pôle S ce que représentait la fig. 2 pour le pôle N.

III. La troisième force qui agit parallèlement aux rayons du disque, produit les effets les plus compliqués.

Pour les reconnaître on emploie avec succès l'aiguille d'inclinaison, disposée verticalement sur le disque, et précisément de manière à n'obéir qu'à la force dont il s'agit.

La 4e figure représente les résultats des expériences faites sur les différens points d'un même rayon; DD indique la projection verticale du disque; C son centre, qui est aussi le centre de rotation; *sn*, *s'n'*, *s''n''*... expriment les directions dans lesquelles on place l'aiguille d'inclinaison. Placée sur le centre C, l'aiguille conserve sa première position verticale, et elle la conserve de même sur un autre point qui est plus près de la circonférence que du centre, ainsi qu'on le voit en *s''n''*. Entre ces deux positions d'équilibre le pôle inférieur de l'aiguille est attiré constamment vers le centre, comme le marque l'obliquité de la ligne *s'n'*; mais au-delà de *s''n''* ce même pôle est toujours repoussé, ce qui se manifeste par l'inclinaison contraire de la ligne *s'''n'''*. Cette répulsion se continue même en dehors du bord du disque.

Explication.

Commençons par l'extérieur : nous avancerons successivement vers le centre.

Soit DD (fig. 5) la projection horizontale du disque, et N la projection de l'aiguille d'inclinaison qui est placée verticalement sur le même disque. Autour de ce point N, il existe sur le disque, comme nous l'avons déjà vu, les forces répulsives qui tendent à soulever l'aiguille. Ces forces s'étendent jusqu'à une certaine distance, et si nous traçons un cercle *nn' cn'* pour représenter les

limites qu'auraient ces forces, dans le cas où le disque métallique serait plus grand, il est aisé de voir comment l'aiguille penche vers la circonférence en vertu des forces supérieures existant du côté du centre. Il y a de ce côté tout le demi-cercle *nnn* qui repousse ; de l'autre il n'y a d'agissant que l'espace *n N n′ n′ n′* qui a de moins l'espace extérieur *n′ e n′ n′*, qu'il lui faudrait au juste pour exercer la même influence que le demi-cercle intérieur.

A mesure que l'on avance l'aiguille magnétique vers le centre du disque, il y a du côté extérieur plus de matière qui entre en action, et il y a évidemment un point où l'aiguille, repoussée également et vers le centre et vers la périphérie, ne penche ni d'un côté ni de l'autre ; elle demeure verticale ainsi que l'indique la position *s″ n″* de la 4e figure.

Approchons l'aiguille du centre encore davantage, et nous verrons les forces répulsives devenir inférieures de ce côté, non pas par défaut de matière comme du côté de la circonférence, mais parce que les parties centrales une fois entrées dans la sphère d'activité de l'aiguille, continuent à rester en présence de celle-ci, et cessent d'être actives en vertu de la IIe loi de M. Faraday.

La 6e figure met en évidence le résultat de cette combinaison. Le point N marque comme à l'ordinaire la projection de l'aiguille magnétique, et *nnncn* les limites de son action, lorsque ce cercle de matière tombe entièrement en dehors du centre C. Il est évident que s'il tombe sur ce cercle, les parties centrales renfermées dans le cercle *c′ c′ c′* demeurent constamment en présence de l'aiguille, et que par conséquent on manque

ici de courans répulsifs pour balancer l'effet de ceux qui agissent du côté de la périphérie.

Faisons maintenant le dernier pas : transportons l'aiguille sur le centre, et nous verrons que si naguère une seule partie de matière était inactive autour du centre C, à présent elle le devient dans sa totalité, par la raison plusieurs fois répétée qu'elle n'éprouve aucun changement en présence de la cause qui produit l'effet dans les autres combinaisons. L'aiguille reprend donc sur le centre sa position verticale ; il faut pourtant prendre garde de ne pas confondre cet équilibre avec l'autre représenté en s'' n'' (4e fig.). Certainement l'aiguille conserverait sur le centre sa position verticale, même dans le cas où elle se trouverait également repoussée de tous les points du disque ; mais ceci n'est pas la cause de son équilibre, et c'en est une au contraire pour l'aiguille s'' n''. Dans le lieu où est cette dernière, son équilibre naît de l'égalité des forces qui agissent sur elle, tandis que sur le centre l'aiguille ne penche pas à cause qu'elle ne subit l'action d'aucune force. Il importait d'autant plus de faire remarquer cette observation, qu'elle sert à rendre de plus en plus évidentes les causes de tous ces phénomènes. En effet, quelle autre hypothèse pourrait concilier la *verticalité* que l'aiguille conserve dans les deux positions ns, $n''s''$ (4e fig.) avec l'autre fait de la répulsion de bas en haut qui soulève l'aiguille dans la seconde position $s''n''$, et ne la soulève pas dans la première sn ?

Le physicien doit s'arrêter ici, car il reconnaît l'impuissance du simple raisonnement dans les questions de mesure et de précision qui se présentent à l'esprit

dans cette nouvelle espèce de magnétisme. Le besoin d'armes plus puissantes se fait sentir, et le physicien se retire en confiant au géomètre le soin d'employer les siennes propres avec ce succès que semblent promettre les principes physiques précédemment établis.

IIIe ART. *Parallèle entre le magnétisme de rotation et les courans de M. Faraday.*

Les courans de M. Faraday ont un caractère particulier qui les distingue de tous les autres, c'est la propriété très-singulière de s'intervertir dès le moment qu'ils cessent d'être en présence de la cause qui les a d'abord excités. Si en faisant usage d'un instrument infaillible dans ses indications, nous n'avions reconnu que ce seul caractère sur les courans qui se développent dans les disques de M. Arago, nous aurions déjà en un tel caractère un motif suffisant pour conserver peu de doute sur l'identité des causes qui produisent les deux classes de phénomènes. Mais lorsque avec le caractère distinctif on trouve de part et d'autre le même ordre de faits, sans qu'il soit nécessaire d'introduire de nouveaux élémens pour les expliquer, alors l'analogie est complète, et l'identité physique des causes mise hors de doute. Arrivés à ce point, il est peut-être permis de croire que l'on a parcouru le plus long trait du chemin; mais le dernier terme est toujours loin, et on ne peut même pas assurer que, chemin faisant, on n'a pas négligé quelque circonstance digne de remarque.

Sur les spirales électro-dynamiques on suit de l'œil, en quelque manière, le courant qui parcourt toutes les

spires l'une après l'autre, sans jamais sortir de la route métallique qui lui est tracée. Or, comment suivra-t-on dans leur marche les courans qui se développent dans des masses de matière continue, comme le sont les disques métalliques de M. Arago? Tant qu'il s'agit d'une rotation un peu lente, la révolution des courans est circonscrite dans d'étroites limites, et on a peu à ajouter aux résultats qui ont servi de fondement à toute la théorie; mais dès que les rotations augmentent de vitesse, les courans envahissent alors tout le disque, et leur cours se complique de manière à devenir une espèce de labyrinthe. Cependant il y a une disposition qu'on jugerait au premier abord plus compliquée que les autres, mais qui, étant réellement la plus simple, conduit à des résultats assez satisfaisans pour qu'ils méritent d'être enregistrés ici : ils serviront du moins à soulager l'imagination, qui désire suivre d'abord ces courans dans tous leurs tours et détours, mais qui sent bientôt sa propre insuffisance vis-à-vis d'une si grande complication de mouvemens.

La disposition sur laquelle nous allons fixer les idées, est celle où l'on fait agir sur le disque les deux pôles d'un aimant en fer à cheval, placés à une même distance du centre, et sur un même diamètre pour satisfaire à toutes les lois de symétrie.

La 7e fig. représente la combinaison dont il s'agit. ONES est le disque ordinaire de cuivre; RR sont les flèches qui marquent la direction de la rotation, les petits carrés N′S′ indiquent la projection sur le disque des pôles de l'aimant situés au-dessus. La direction dans laquelle se trouvent ces deux centres d'action, devient la ligne principale du phénomène. Afin seulement de nous

expliquer avec plus de clarté, nous supposerons qu'une telle ligne tombe dans le méridien terrestre, ce qui nous donnera le diamètre NS partageant le disque en deux parties ou régions égales, l'orientale E à droite, l'occidentale O à gauche.

Les flèches qu'on remarque sur la ligne principale, ainsi que les autres tracées dans les deux régions, indiquent le résultat des recherches faites dans les endroits où elles sont respectivement placées. La disposition de ces flèches suffit pour faire voir que l'une des deux régions, l'orientale, devient le foyer d'un système de courans *n*, *n*, *n*... contraire par sa direction au système *s*, *s*, *s*... qui a lieu dans l'autre région. La 2e fig. nous a déjà servi à représenter quelques branches des courans qui étaient produits sous le pôle N ; la 3e fig. en faisait autant par rapport au pôle S. Dans l'arrangement actuel on a représenté l'un et l'autre de ces développemens de courans, et c'est de la réunion de tous les deux que résulte le système de la 7e figure.

A l'exception de quelques points où l'application des *sondes* demeure sans effet, on obtient partout ailleurs, soit de loin, soit de près, des indices de courant tant dans un sens que dans l'autre, suivant la position qu'on examine. Ce résultat est important, car il paraît nous conduire nécessairement à la conséquence que tous les courans du disque communiquent entre eux. En effet, dès le moment qu'ils existent dans une même masse de matière continue, on ne saurait concevoir comment ils devraient tourner les uns indépendamment des autres, au lieu de se réunir, de se fondre tous ensemble, et de

ne former qu'un seul système (1). Sans prétendre aller au-delà du fait, nous avons marqué sur la figure les traces de la ligne qui nous semble embrasser la plus grande partie des résultats. C'est une ligne nodale de la forme précisément de celle qu'on voit ponctuée dans la figure. Son axe PQ ne coïncide pas avec la ligne des pôles. Ce sont ces points qui répandent sur le disque les deux espèces de magnétisme $n\,n\,n\ldots$, $s\,s\,s\ldots$, mais ce ne sont pas eux qui fixent le terme de séparation, comme il résulte de l'inspection des deux figures 2e et 3e, tracées d'après la loi suivant laquelle le magnétisme *inverse* succède au magnétisme *direct*.

Mais quelle est la forme et la place précisément de cette ligne de séparation? Dans la partie centrale du disque, de N' en S', les courans ont une direction et une énergie tellement prononcées, qu'il n'y a pas de doute que cette région ne soit celle où ils viennent tous se réunir. Mais pour les points P et Q on demeure incertain sur la manière dont les courans extérieurs, indiqués par les flèches NN', SS', se rallient au système central.

En plaçant l'une des *sondes* dans le centre du disque, et en examinant avec l'autre les différens points de la

---

(1) C'est dans cette réunion où les courans se donnent une force réciproque que l'on trouve, selon nous, l'explication naturelle d'un des faits les plus singuliers présentés par le magnétisme de rotation. Nous voulons faire allusion aux disques de M. Arago qui perdent presque toute leur force lorsqu'ils présentent des solutions de continuité ou des fentes dans la direction de leurs rayons.

circonférence, on arrive à de curieux résultats qui exigent une certaine discussion pour être compris, car il s'agit de courans qui en partant tous d'un point commun (le centre) arrivent à la circonférence par une toute autre voie que celle des rayons. Devant les points X et Y le résultat est nul, tandis que dans tous les autres points il est plus ou moins remarquable et de signe contraire dans les demi-circonférences XPY, XQY. En réservant pour une autre occasion les détails que nous pourrions donner sur cette espèce de nouvelle carte *électro-graphique*, nous finirons cet article par une réflexion qui la regarde directement, d'après une opinion énoncée par M. Faraday sur la nature du magnétisme de rotation. Selon ce physicien, les disques de M. Arago deviendraient le foyer de courans qui *émaneraient du centre à la circonférence*, et ces courans seraient en nombre assez considérable pour convertir chaque disque en une *nouvelle machine électrique*. Nous avons déjà dit notre avis sur cette idée; mais, si, dès le commencement de nos recherches, elle ne nous sembla pas pouvoir facilement se concilier avec la nature des courans découverts par M. Faraday même, qu'en dirons-nous après toutes les nouvelles observations qu'il nous est arrivé de faire pendant la continuation de nos recherches? Nous dirons qu'on avait dans le galvanomètre le juge compétent, et que c'était à lui à résoudre la question.

Appendice sur les métaux magnétiques et les Observations de M. Haldat.

Fer et acier.

Parmi les différentes spirales que nous avons essayées en répétant les premières expériences de M. Faraday, il en était quelques-unes de fer, dans lesquelles on reconnut la même propriété qu'avaient les spirales ordinaires de fil de cuivre. Et non-seulement nous avons obtenu les signes ordinaires des courans de M. Faraday par les spirales de fil de fer, mais aussitôt qu'elles furent attachées aux *ancres* de nos aimans, nous en tirâmes jusqu'à l'étincelle.

Une telle propriété que le fer possède en commun avec le cuivre et avec d'autres métaux non magnétiques se trouve aussi dans l'acier trempé ou non. On peut s'en assurer en prenant deux longs ressorts de montre; on détrempe l'un, et on les enveloppe ensuite tous les deux avec du fil ou du ruban de soie pour en former deux spirales planes. Ces spirales étant ainsi isolées dans leurs révolutions, on les présente à l'action des pôles magnétiques, après avoir mis, comme à l'ordinaire, leurs extrémités en communication avec celles du galvanomètre. Les signes qu'on obtient de cet instrument sont dans l'un et l'autre cas également prompts et intenses, ce qui nous amène à cette importante conséquence que la trempe, qui exerce une influence si considérable dans le cas du magnétisme ordinaire, n'est pour rien dans le développement des nouveaux courans.

Les disques de fer et d'acier agissent de même que les spirales. En effet, étant mis en rotation sous l'action des aimans, et examinés par nos *sondes* ordinaires, ils transmettent au galvanomètre des signes non équivoques des courans qui se forment sur eux ni plus ni moins que sur le cuivre.

Il est vraiment curieux et intéressant de savoir que les métaux magnétiques jouissent en même temps de la propriété de s'aimanter aussi bien à l'ancienne qu'à la nouvelle manière. Mais la théorie se trouve ici tellement avancée qu'on peut fort bien comprendre pourquoi le développement des courans qui produisent le magnétisme ordinaire ne dérange pas les autres qui produisent le magnétisme de rotation. Les courans du magnétisme de rotation ont leurs analogues dans les spirales électrodynamiques ; ils n'appartiennent pas exclusivement aux molécules, mais ils se répandent dans toute la masse, où ils achèvent leur révolution par des tours plus ou moins étendus. Les courans, au contraire, qui se développent dans les métaux magnétiques, n'appartiennent point à la masse, mais à chacune des molécules autour desquelles ils achèvent leur révolution. Les circuits *généraux* ne dérangent nullement les circuits *moléculaires* : les uns se font indépendamment des autres ; ils peuvent coexister ensemble tout aussi bien que ne pas coexister.

D'abord on n'accorda le magnétisme qu'au fer et à l'acier ; on doubla ensuite le nombre des métaux magnétiques en ajoutant à ceux-là le cobalt et le nikel. Après vinrent les expériences de Coulomb et d'autres physiciens, qui, s'ils ne mirent pas en pleine évidence le

magnétisme dans toutes les substances, en eurent, du moins en plusieurs cas, des indices suffisans pour faire soupçonner qu'il n'y avait point d'exception à cet égard. Il en arriva de même du magnétisme de rotation : au commencement, il ne fut sensible que sur les disques métalliques, et dans la suite on en découvrit des traces sur toutes les substances. Ainsi voilà les deux espèces de magnétisme élevées, par l'observation, au rang de propriétés générales, et présentées par la science sous un seul point de vue, comme des effets dépendans d'une même cause, l'*électricité en mouvement*. Il serait beau sans doute de voir sortir de l'aimant les mêmes indices de courant que donnent avec tant d'évidence les disques en rotation. Mais, dans les aimans, les circuits électro-dynamiques sont moléculaires, c'est comme si on disait qu'on ne saurait les examiner par la méthode ordinaire des *sondes*, qui est trop grossière pour une si délicate opération. Quoi qu'il en soit, les idées sont assez avancées pour pouvoir établir ce qui suit :

1°. L'électricité peut circuler dans les corps de deux manières différentes, c'est-à-dire en tournant autour de chaque molécule ou en circuits qui embrassent toute la masse.

2°. Ces deux espèces de courans électriques sont indépendantes l'une de l'autre, et telles qu'on peut distribuer les corps en deux différentes séries. Par rapport aux courans généraux, la série commence par le cuivre ; par rapport aux courans moléculaires, elle commence par le fer et par l'acier.

3°. Les courans moléculaires sont ceux qui produisent les effets du magnétisme ordinaire. Ces courans se

développent constamment dans le sens même de la cause productrice; mais ils sont tantôt passagers, tantôt permanens; passagers dans le fer doux, plus durables dans le fer dur et dans l'acier non trempé; ils sont permanens dans l'acier trempé (1).

4°. Les courans généraux qui se propagent dans toute la masse sont ceux qui produisent les effets du magnétisme de rotation. Ils sont toujours passagers, et par rapport à la cause productrice, ils sont en outre *inverses* au moment où ils sont produits, *directs* lorsqu'ils vont disparaître. Ces idées et ces distinctions offrent une transition naturelle à notre dernier paragraphe.

Observations de M. Haldat.

M. Haldat appelle *force d'entraînement* cette action en vertu de laquelle les aiguilles horizontales sont entraînées dans le mouvement de rotation par les disques de M. Arago; d'après les résultats de quelques expériences qu'il a faites sur le fer et l'acier, il établit que la force d'entraînement est en raison *inverse de la force coercitive*. Les résultats qui viennent à l'appui de cette déduction se fondent principalement sur cela que les aiguilles horizontales prennent facilement le mouve-

---

(1) On connaît les observations de M. Savary sur l'aimantation à distance opérée dans les deux sens, *direct et, inverse* par les courans et décharges électriques. Je me propose d'examiner ce fait dans un travail à part pour voir s'il forme réellement une exception à la loi générale ici énoncée. L. N.

ment de rotation sur les disques de fer doux et ne le prennent point sur l'acier (1).

Nous avons reconnu tout-à-l'heure que le fer aussi bien que l'acier trempé ou non trempé en agissent de même que le cuivre par rapport au développement des courans passagers produits sur les disques par les effets du magnétisme de rotation. D'après nos résultats, la force coercitive disparaît donc en entier, ou, pour nous exprimer avec plus d'exactitude, elle n'y entre pour rien. Que penser donc du rapport établi par M. Haldat entre la force coercitive et le magnétisme de rotation?

Nous conviendrons avant tout de l'importance de sa belle observation, et nous plaçant ensuite au fond de la question, nous ferons observer que sur les disques de fer ou d'acier il ne s'agit pas seulement du développement du magnétisme de rotation, mais qu'il y a aussi développement de magnétisme ordinaire qui peut facilement induire en erreur. Les effets du magnétisme de rotation sont indiqués dans la 7e figure, et celle-ci peut servir pour une aiguille horizontale, comme elle sert pour l'aimant en fer à cheval, dans sa première destination. On sait déjà, et on le répète ici, que l'aiguille a une tendance à tourner avec le disque, par la raison que tandis que le pôle *N* est attiré par les courans *s s s*... du côté occidental, le pôle *S* ressent la même attraction des courans situés du côté oriental *n n n*... Cette double tendance ne manque jamais d'avoir son effet; mais dans le cas des disques magnétiques, les pôles de l'aiguille

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXIX, p. 232.

horizontale aimantent au-dessous d'eux les parties de fer ou d'acier qui y répondent directement, en formant à cet endroit des pôles opposés qui les entraînent par la force ordinaire de l'attraction. Or ces pôles peuvent bien aider un instant le mouvement de rotation, mais un moment après entraînés plus loin par la rotation même, ils agissent sur l'aiguille en sens contraire. Toute l'action dépend du temps qu'ils durent sur le disque; s'ils durent peu, comme sur le fer, le mouvement de rotation, loin de trouver en eux une opposition, en reçoit au contraire une impulsion favorable; s'ils durent davantage, comme sur l'acier, ils retardent l'aiguille dans les momens les plus défavorables au succès de la rotation.

La force coercitive ne sort donc pas, selon nous, de son domaine; elle retarde dans l'acier la destruction du magnétisme ordinaire, et ce retard fait ensuite manquer l'effet de la rotation qui est dû à l'autre espèce de magnétisme.

Il ne faut pas, au reste, s'étonner s'il y a pu avoir lieu à quelque confusion dans une matière si compliquée et si difficile. Ce n'est que le galvanomètre qui pouvait, par ses indications non équivoques, séparer nettement l'un de l'autre les effets des deux espèces de magnétisme; mais une semblable étude, qui aurait dû aller avant tout, n'a été que la dernière, comme ordinairement il n'arrive que trop, même pour des questions moins obscures que celle-ci.

Du Muséum, ce 24 mars 1832.

Nouveau *Moyen de préserver le Fer et l'Acier de l'Oxidation;*

Par M. Payen.

En ajoutant, dans un tube gradué sur le mercure, à un volume de solution de potasse saturée à 22 degrés de température, un volume égal d'eau de Seine, j'observai, après agitation, refroidissement et repos, un dégagement d'air égal à 0,017 du volume de l'eau employée, et une contraction de tout le liquide égale aux 0,045 du volume de la même eau; celle-ci, soumise isolément à l'ébullition dans un appareil clos, donnait 0,018 de son volume d'air, et 0,005 d'acide carbonique.

Ainsi le mélange de la solution de potasse, ou plutôt sa *combinaison* avec l'eau, diminuait le volume de celle-ci d'une manière remarquable, et n'y laissait plus qu'un millième d'air atmosphérique.

Songeant aux applications utiles que l'on pourrait faire d'un liquide exempt de tout l'acide carbonique libre et de la presque totalité de l'air que renferment ordinairement les eaux naturelles, j'assayai d'abord de l'employer pour conserver des corps oxidables, et notamment le fer et l'acier.

A cet effet, divers objets en fer forgé, en fer limé et en acier poli, furent plongés dans ce liquide.

Ne remarquant au bout de quelques jours aucun de ces phénomènes qui annoncent dans l'eau les rapides progrès de l'oxidation du fer, j'essayai de préparer plus

économiquement un liquide analogue en étendant de deux fois son poids d'eau une solution de soude commerciale connue sous la dénomination de *lessive caustique*.

Diverses pièces de fer et d'acier y furent plongées.

Au bout de trois mois tous ces objets avaient conservé leur poli et leur brillant métallique ; aucune trace apparente d'altération n'indiquait qu'ils fussent oxidés en quelques-unes de leurs parties, et d'ailleurs aucun changement de poids ne pouvait le faire présumer.

J'avais remarqué que des bulles d'air long-temps adhérentes à la surface des pièces de fer et d'acier immergées n'avaient pas déterminé de centres d'oxidation ; dès-lors je soupçonnai que pour obtenir l'effet indiqué, l'élimination de l'air n'était pas une condition indispensable, puisque son action pouvait être paralysée sous l'influence de la potasse ou de la soude ; d'un autre côté, j'avais reconnu que la contraction du liquide et le dégagement de l'air étaient d'autant moindres que la proportion de la potasse ou de la soude était moins considérable.

J'essayai donc si l'influence d'une faible solution de potasse ne suffirait pas pour empêcher l'oxidation du fer. En effet, de l'eau commune à laquelle furent ajoutés seulemeut 0,02 de solution saturée de potasse, ne laissa dégager que 0,0005 de son volume d'air, et cependant les pièces en fer que j'y maintins plongées s'y conservèrent sans altération.

M. Thenard, à qui je communiquai ces nouveaux faits, y vit une influence jusqu'alors inconnue de l'alcalinité, et m'engagea à déterminer les limites de cette

action, et à vérifier les effets des carbonates alcalins et de l'eau saturée de chaux.

Je fis en conséquence les expériences suivantes que j'étendis encore aux solutions d'ammoniaque et même de borate de soude, dont on connaît la réaction alcaline.

Une solution saturée de carbonate de soude, mélangée avec son volume d'eau, ne fit dégager qu'un millième environ de son volume d'air; le fer s'y est bien conservé; la même solution saturée, étendue de vingt-cinq fois son volume d'eau, a encore conservé le fer sans altération.

Enfin une solution saturée de borate de soude mêlée avec son volume d'eau, ainsi qu'un mélange dans les mêmes proportions d'eau et d'ammoniaque liquide, n'opérèrent aucun dégagement de gaz, aucune contraction sensible; le fer s'y est conservé sans apparence d'oxidation.

L'eau de chaux saturée, et même cette solution étendue d'un volume égal d'eau, ont complètement préservé d'oxidation le fer qu'on y a tenu plongé.

Afin de déterminer les limites de l'influence de l'alcalinité sur la conservation du fer, j'étendis successivement un volume de solution de potasse, saturée à 22° de température, de 100, 200, 300, 400, 500 volumes d'eau.

Toutes ces solutions conservant au fer son aspect métallique, avant d'aller au-delà je voulus m'assurer si la saturation exacte, ou l'absence seule d'acide carbonique dans l'eau ne suffirait pas pour prévenir l'oxidation.

A cet effet, j'introduisis dans une capsule plate, sous

une cloche, de l'eau privée d'air et d'acide carbonique par l'ébullition, et contenant un morceau de fer limé.

L'air renfermé sous la même cloche était privé d'acide carbonique et d'ammoniaque par la présence d'un excès d'hydrate de chaux et d'acide sulfurique étendu.

Pendant quelques heures le fer sembla n'éprouver aucune altération ; mais dès que l'oxidation commença, elle fut au moins aussi prompte et aussi abondante que dans l'eau contenant de l'acide carbonique.

Je poursuivis alors mes recherches bien persuadé que je rencontrerais une limite différente de celle que représenterait la saturation de l'alcalinité.

La solution saturée de potasse, étendue de 1000 et jusqu'à 2000 parties d'eau, conservait encore bien le fer; mais presque saturée par un courant d'acide carbonique, elle déterminait l'oxidation comme l'eau ordinaire.

Enfin la même solution saturée de potasse, étendue de 4000 ou de 3000 parties d'eau, n'eut plus la propriété de conserver le fer exempt d'oxidation, bien que la réaction de ces liquides sur une teinture rouge de tournesol démontrât non-seulement la saturation de l'acide carbonique, mais encore la présence d'un léger excès de potasse.

Ainsi donc la limite de l'influence de l'alcalinité capable de préserver le fer de la rouille se trouve comprise, pour de l'eau commune renfermant 0,005 d'acide carbonique, entre $\frac{1}{2000}$ et $\frac{1}{3000}$ de son volume, de solution de potasse saturée à la température de 22°.

L'eau de chaux saturée à la température de 20°, étendue jusqu'à trois fois son volume d'eau, conserve encore

bien le fer ; cette faible solution représente à peu près $\frac{1}{3000}$ de son poids de chaux pure. En étendant le liquide d'un quart de son volume, il ne conserve plus le fer.

La solution du carbonate de soude saturée à la température de 20°, étendue de 49 et de 54 fois son volume d'eau, offre encore la même propriété ; étendue de 59 parties d'eau, elle ne préserve plus.

La solution de borate de soude, successivement étendue jusqu'à 6 fois son volume d'eau, présente encore la même propriété ; du moins depuis 15 jours les pièces en fer ne s'y sont pas oxidées. Dans ce dernier cas, l'acide carbonique contenu dans l'eau employée n'est pas saturé ni le carbonate de chaux précipité.

Toutes ces solutions qui, successivement plus étendues, ne préserveraient plus le fer, offraient cependant encore le caractère alcalin sur la teinture de tournesol.

Ces expériences offrent la solution vainement cherchée depuis long-temps d'un important problême : leur application permettra d'éviter la perte d'une foule d'objets précieux, et, entre autres, des coins et planches en acier, auxquels le travail d'artistes célèbres ajoute tant de prix. Il en résultera sans doute aussi des moyens pratiques de conserver d'autres objets en fer et en acier.

Le mode d'opérer avec le plus de certitude la conservation de ces objets, me paraît consister à les tenir plongés dans une solution dont l'énergie alcaline pourra varier entre des limites fort étendues, mais qu'il suffira certainement d'entretenir équivalente à l'alcalinité d'un liquide contenant une partie de potasse dissoute dans 500 parties d'eau.

Les vases de différentes dimensions propres à les con-

tenir pourront être construits en tôle, en plomb, en maçonnerie et même en bois, remplis lorsque les pièces à conserver y seront rangées, et vidés lorsque l'on voudra les reprendre.

Parmi les diverses conservations faciles à opérer ainsi, diverses applications spéciales ont été entrevues par M. le comte Réal, M. Harel, etc., dès l'annonce de cette découverte. Je dois les rapporter ici parce qu'elles peuvent mettre sur la voie de beaucoup d'autres.

En 1813, l'empereur Napoléon avait désiré voir se développer une fabrication de canons de fusils par un procédé dû à M. le comte Réal, et qui consistait à enrouler et brâser ensemble des fils de fer de formes, longueurs et épaisseurs déterminées. Après les journées de juillet, le comte Réal pensa à reprendre cette opération. Une des grandes difficultés qui ralentit l'opération fut de préserver de toute oxidation le fil de fer sorti de la filière jusqu'au moment où il doit être brâsé : on conçoit que cette difficulté disparaît en employant le nouveau moyen. M. le comte Réal s'en occupera bientôt. Peut-être la solution de borax, utile dans le brâsage ultérieur, sera-t-elle ici préférable aux autres substances alcalines; elle offrirait d'ailleurs l'avantage de ne pas déterminer avec l'eau de rivière, un dépôt calcaire, comme cela aurait lieu pour la même eau sous l'influence des alcalis, ou des carbonates alcalins, ou de l'eau de chaux.

M. Harel avait imaginé de réduire au dernier degré de simplicité les mouvemens de toutes les machines mues par des contrepoids en substituant l'action de l'eau

se déplaçant dans un cylindre aux rouages à dentures qui ralentissent l'effet de la chute du poids.

Deux conditions paraissaient difficiles à remplir, l'une de prévenir l'oxidation, l'autre d'augmenter le poids de l'eau sans nuire au vase cylindrique en tôle qui la contenait, afin d'assurer la conservation et de diminuer le volume de l'appareil. On voit que le problême est complètement résolu par l'emploi d'une solution alcaline concentrée.

M. Serbat s'est, à cette occasion, aussi souvenu que l'un de nos premiers fabricans de fer étamé, M. Mertian, lui avait demandé de rechercher un moyen de prévenir l'oxidation des feuilles de tôle dans l'intervalle entre le décapage et l'étamage du fer. Le nouveau moyen ici proposé semble encore résoudre le problême.

M. Saulnier, mécanicien de la Monnaie, va employer une solution faiblement alcaline pour immerger les pièces limées, afin d'éviter qu'elles ne se rouillent dans les intervalles du travail. Il essaiera la même solution pour remplacer, dans les presses hydrauliques, l'eau commune qui, agissant sur le fer et la fonte, se charge de rouille, gêne les soupapes, engorge les tubes, etc. Il sera bien dans toutes ces applications (excepté pour le borax) de laisser déposer la solution et de la tirer au clair.

Enfin, M. Breschet, docteur médecin, professeur d'anatomie, etc., a pensé aux applications utiles du même procédé pour la conservation des instrumens de chirurgie.

L'immersion des objets à conserver ne sera pas toujours praticable; pourra-t-on la remplacer par des en-

duits alcalins à nu ou recouverts de vernis? Cela me paraît probable; et déjà, sur l'invitation de M. Thenard, j'ai fait en ce sens quelques essais.

Une solution saturée de potasse étendue de deux volumes d'eau, puis épaissie par la gomme adraganthe, fut mise en couche mince sur un canon de fusil récemment nettoyé; il fut exposé, comparativement avec un autre canon de fusil, dans une cave; au bout de quinze jours, ce dernier, non enduit de la couche préservatrice, était tout couvert de rouille, tandis que le premier avait conservé tout son brillant métallique.

J'ai mis sous les yeux des membres de l'Institut des tubes renfermant des morceaux de fer et d'acier sous l'influence des diverses solutions indiquées dans ce mémoire et les deux canons de fusil dont je viens de parler.

Les divers enduits alcalins que l'on essaiera d'employer pour préserver le fer et l'acier d'oxidation, pourront être utiles sur les ferremens scellés dans l'épaisseur des murs, et dont l'altération trop prompte compromet souvent la solidité d'importantes constructions. Ils s'appliqueront sans doute avec avantage sur divers objets ouvrés et même bruts en magasins; on pourrait peut-être y suppléer en quelques cas par des arrosages périodiquement renouvelés.

Dans ce genre d'application, il me semble que les solutions de soude moins hygrométriques que les solutions de potasse seraient préférables relativement aux lieux très-humides, et réciproquement, et que ces solutions ne pourraient être remplacées par l'eau de chaux que dans les circonstances où l'on n'aurait pas à craindre que

l'acide carbonique de l'air formât un carbonate calcaire insoluble.

En résumant les faits contenus dans ce mémoire, on trouve :

1°. Un dégagement d'air et une contraction remarquable du liquide, opérés par la combinaison de plusieurs solutions avec l'eau.

2°. La découverte d'une propriété générale qui se rattache aux caractères de l'alcalinité.

3°. La limite de cette action moins étendue que celle qui manifeste l'alcalinité sous l'influence des réactifs (1).

4°. Les premiers indices de moyens pratiques susceptibles d'exercer une haute influence sur quelques-unes des nombreuses applications du fer, de la fonte et de l'acier.

---

(1) A la vérité, près de cette limite à laquelle le fer n'est plus préservé, l'oxidation n'a lieu que sur un petit nombre de points dont l'étendue très-circonscrite augmente fort lentement, forme des sortes d'excroissances qui gardent plusieurs jours une teinte brune verdâtre. Ces observations me portent à rechercher si quelques parcelles imperceptibles d'oxide, ou d'une autre substance, inhérente au fer, ne détermineraient pas des centres d'une oxidation ultérieure, ce qui expliquerait encore comment tout le reste de la surface conserve fort long-temps son brillant métallique et la solution alcaline sa limpidité.

Les phénomènes de l'oxidation dans l'eau commune sont bien différens. Environ 20 minutes après l'immersion du fer (limé sur toute sa surface), un très-mince nuage opalin l'enveloppe; ce léger trouble augmente peu à peu de volume et d'intensité; au bout d'une heure, sa teinte sensiblement brunâtre, vire par degré au jaune rouille; un dépôt commence à se former sur la plus grande partie de la surface du fer et au fond du vase. Ici

Mémoire *sur l'Influence qu'exerce la présence de l'Eau dans un grand nombre de Réactions chimiques ;*

Par M. J. Pelouze.

M. Kertsner, fabricant de produits chimiques à Thann, m'ayant remis une grande quantité d'acide racémique, je tentai il y a quelques mois des essais nombreux dans l'espoir de convertir cet acide en acide tartrique, et ce dernier en acide racémique. Si je n'obtins pour résultat que la perte d'une centaine de grammes d'un corps aussi rare que curieux, j'eus au moins le plaisir de découvrir un fait qui ne peut manquer d'exciter l'attention des chimistes par sa singularité : ce fait consiste en ce qu'une dissolution alcoolique bouillante d'acide racémique, non-seulement ne rougit pas la couleur bleue du tournesol, mais ne peut même décomposer aucun carbonate.

La première idée qui me vint à l'esprit fut d'attribuer cette propriété à une influence isomérique, mais je ne tardai pas à m'assurer que l'acide tartrique présentait exactement le même phénomène. Je multipliai dès-lors mes expériences, je les agrandis des résultats que me

---

l'action est générale, tandis qu'elle n'est que locale et très-circonscrite dans les solutions alcalines trop faibles pour empêcher toute oxidation. Il est donc probable que les limites indiquées ici, et que l'on ne devra même pas atteindre dans la pratique, seront au contraire encore reculées pour le fer pur. Cette dernière observation conduira peut-être à un moyen de reconnaître plus ou moins approximativement le degré de pureté de ce métal.

fournirent d'autres acides, et m'aperçus à mon grand étonnement que l'un d'eux, l'acide acétique, lorsqu'il est dans son plus grand état de concentration, c'est-à-dire quand il ne contient que le seul atome d'eau nécessaire à son existence, n'altère pas la couleur bleue d'un papier de tournesol bien sec, et peut être soumis à l'ébullition sur de la craie sans en laisser dégager une seule bulle d'acide carbonique.

Proust a remarqué il y a long-temps un fait qui n'est probablement pas sans analogie avec quelques-uns de ceux rapportés dans ce mémoire. Il a vu que l'acide nitrique d'une densité de 1,410 n'attaque pas l'étain, mais que si on ajoute un peu d'eau à ce mélange, l'action se manifeste subitement et avec une excessive violence.

On sait également que l'acide sulfurique anhydre soit à l'état solide, soit à l'état de vapeur, ne rougit pas un papier de tournesol bien sec, et qu'il est indispensable qu'il contienne de l'eau pour que la manifestation de sa propriété acide ait lieu.

M. Chevreul a vu de son côté (1) que si l'on fait chauffer $0^g,02$ de bi-stéarate de potasse dans 5 gr. d'alcool d'une densité de 0,792, on obtient une solution qui ne rougit pas $0^g,20$ d'extrait aqueux de tournesol; que lorsqu'on verse 5 gr. d'eau dans la solution, le tournesol passe au rouge, mais qu'il redevient bleu de nouveau par l'addition de 10 grammes d'eau. De ces faits, M. Chevreul conclut que la proportion d'acide stéarique qui, dans le bi-stéarate se trouve en excès à la neutrali-

(1) *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale*. Paris, 1823.

sation de la base, est plus fortement attirée par le stéarate de potasse qu'elle ne l'est par la potasse du tournesol lorsque le bi-stéarate est dissous dans l'alcool concentré ; tandis que le contraire a lieu lorsque le bi-stéarate est dissous dans de l'alcool faible.

M. Chevreul a constaté, en outre, qu'une solution alcoolique d'acides gras n'altère pas la même couleur.

Ce sont là, à ma connaissance, les seuls faits qui aient quelque rapport avec ceux que j'ai remarqués et que je vais rapporter.

On a introduit de l'acide acétique, d'une densité de 1,063, dans un tube de verre que l'on a renversé sur le mercure, et on y a fait passer ensuite du carbonate de chaux desséché à 100°, obtenu en précipitant du chlorure de calcium par du carbonate de potasse. Au bout d'un mois de contact il ne s'était pas dégagé une seule bulle d'acide carbonique. Le carbonate jeté sur un filtre et lavé à l'alcool, n'avait rien perdu de son poids.

La craie et le marbre blanc ont présenté le même résultat.

Un semblable mélange introduit dans une cloche de verre recourbée a été soumis à une ébullition prolongée, sans que l'acide ait réagi sur le carbonate.

Les choses se sont également passées de la même manière dans le vide barométrique.

Enfin le mélange comprimé à 10 atmosphères dans l'appareil d'OErstedt, n'a pas subi le moindre changement.

Si, au lieu de mettre en contact l'acide acétique concentré avec le carbonate de chaux, on le verse sur de la chaux caustique obtenue par la calcination du marbre,

on la voit disparaître immédiatement et donner naissance à de l'acétate de chaux qui se dissout dans l'acide employé en excès.

Il est bien difficile de trouver une explication satisfaisante de ces divers phénomènes. On se demande pourquoi l'acide acétique, dans son plus grand état de concentration et à une température de 119 degrés, n'a pas assez de puissance pour décomposer la craie, tandis qu'il se combine si facilement avec la chaux. Il est vrai qu'ici l'acide et la base n'ont nul obstacle à surmonter, aucun corps à éliminer pour s'unir. Mais pourquoi dans le premier cas le gaz carbonique n'obéit-il pas à son élasticité? pourquoi l'acide puissant ne fait-il pas ce que fait l'acide faible? et par quelle force occulte le carbonate de chaux se soustrait-il à la commune loi? Il y a là une énigme dont le sens n'est pas aisé à saisir.

Les carbonates de potasse, de soude, de plomb, de zinc, de strontiane, de baryte et de magnésie, sont décomposés par l'acide acétique cristallisable. Les trois derniers le sont avec une excessive lenteur. Dans tous les cas, lorsqu'on vient à étendre l'acide d'eau, la décomposition s'effectue avec énergie. Si, au contraire, on le dissout dans plusieurs fois son volume d'alcool absolu, il perd complètement la propriété de dégager l'acide des carbonates ci-dessus désignés, pour la reprendre de nouveau lorsqu'on ajoute de l'eau au mélange. Toutefois, la proportion de ce liquide qu'il est nécessaire d'employer pour déterminer la réaction n'est pas indifférente. L'expérience qui suit en fournit une preuve remarquable.

On a introduit dans un tube une certaine quantité d'eau saturée de carbonate de potasse, on a achevé de le

remplir avec du mercure, puis on l'a renversé dans un bain de ce métal. On y a fait ensuite passer, au moyen d'une pipette, un mélange d'alcool et d'acide acétique concentré; au bout d'une demi-minute d'agitation, le carbonate de potasse s'est précipité sous la forme d'une poudre blanche grenue, et il ne s'est pas dégagé la plus petite quantité de gaz acide carbonique.

Ainsi la présence de l'alcool dans cette circonstance modifie les affinités à tel point qu'il a plus de tendance à s'hydrater que l'acide acétique, acide éminemment puissant, à décomposer le carbonate de potasse, qu'il décompose avec tant de facilité lorsqu'il est pur ou hydraté.

L'explication rationnelle d'un fait aussi bizarre ne me paraît pas chose facile à trouver. On ne peut faire intervenir ici aucun phénomène d'insolubilité comme devant s'opposer à la formation de l'acétate de potasse, car ce sel est soluble non-seulement dans l'alcool, mais encore dans un mélange d'alcool et d'acide acétique.

Quelle que soit au reste la cause de l'influence que l'alcool exerce dans son contact avec l'acide acétique et les carbonates, influence qui cesse d'avoir lieu lorsqu'on remplace ces sels par leurs oxides, il est constant que pendant toute la durée du contact les propriétés de l'acide acétique sont, sinon détruites, au moins complètement masquées. Je pensai dès-lors à faire l'expérience suivante, qui n'est pour ainsi dire que la première retournée. Je fis dissoudre de l'acétate de potasse dans de l'alcool à 97 degrés centésimaux, et je fis passer dans la liqueur un courant de gaz acide carbonique. Au bout de quelques instans j'obtins un précipité abondant de carbonate de potasse, qui persista, malgré la présence

de l'acide acétique éliminé, cet acide cessant, comme je l'ai dit, de décomposer les carbonates lorsqu'il est dissous dans l'alcool. Quand les corps employés à cette expérience sont anhydres, il y a production d'une grande quantité d'éther acétique.

Ainsi on peut décomposer à la même pression et à la même température, l'acétate de potasse par l'acide carbonique, et le carbonate de potasse par l'acide acétique. Il suffit pour cela de faire varier la nature du milieu dans lequel l'action chimique doit s'exercer.

La propriété dont jouit la craie de ne pouvoir être décomposée ni à chaud ni à froid par l'acide acétique concentré me portant à penser que l'acétate de chaux pourrait bien céder sa base à l'acide carbonique, je fis passer, à diverses températures, une grande quantité de cet acide sur de l'acétate de chaux, soit sec, soit humide ou en dissolution concentrée. Les résultats que j'obtins furent tous négatifs.

(*La suite au prochain numéro.*)

Action *du Chlore sur la Gomme;*

Par M. Simonin.

En lisant dans le numéro de mars de vos Annales l'intéressant mémoire de M. Guérin sur les gommes, je me suis rappelé quelques expériences faites, il y a plusieurs années, sur la même substance dans le but de former de l'acide citrique. Ce but ne fut pas atteint; mais ces expériences m'ayant offert relativement à l'action du chlore sur la gomme un résultat différent de celui obtenu par M. Guérin, je désire engager ce chimiste à por-

ter de nouveau ses recherches sur cet objet. A cet effet, tout incomplet que soit mon travail, je vous en envoie le précis; ce qu'il peut présenter de neuf m'appartient bien moins qu'à M. Braconnot. Je dois avouer ici que, sans les conseils et la bienveillante amitié de ce savant chimiste, je ne l'aurais pas aperçu.

Quatre onces de gomme dite du Sénégal, blonde, furent dissoutes dans un litre d'eau de pluie et placées dans un flacon allongé; on y fit passer pendant 24 heures environ 200 litres de chlore, la liqueur se décolora peu à peu, se troubla ensuite, et prit une teinte opaline qu'elle garda jusqu'à la fin de l'opération. Elle avait une forte odeur de chlore qu'elle perdit par son exposition à l'air. En devenant limpide et transparente comme de l'eau, dans la nuit qui suivit, elle laissa déposer une multitude de cristaux linéaires qui furent reconnus pour être du sulfate de chaux.

La même solution séparée de ces cristaux, fut traversée de nouveau pendant le même espace de temps par une quantité semblable de chlore; la liqueur se colora en jaune, prit une odeur très-forte de chlore qu'elle perdit à l'air, et laissa déposer une nouvelle quantité de sulfate de chaux cristallisé, provenant sans doute de la chaux que contiennent les gommes, et d'une petite portion d'acide sulfurique provenant, comme depuis je m'en suis assuré, de l'acide hydrochlorique qui servit à dégager le chlore, et entraîné par lui parce que j'avais négligé de le laver convenablement.

Examinée, cette solution contenait une grande quantité d'acide hydrochlorique.

Saturée par de la craie, elle ne donna aucun précipité qui pût faire soupçonner la présence de l'acide citrique.

La gomme cependant avait disparu presque en totalité, la liqueur était bien moins visqueuse qu'avant l'expérience; elle avait subi des changemens notables qu'il était intéressant d'examiner. A cet effet, saturée avec du carbonate de chaux, puis évaporée en consistance de sirop, elle a été mêlée à de l'alcool qui en a précipité une matière poissante. Cette matière lavée long-temps avec de l'alcool attirait l'humidité; dissoute dans l'eau, l'acide sulfurique en a précipité une grande quantité de sulfate de chaux, et en chauffant il s'est dégagé beaucoup d'acide hydrochlorique. Cette matière ainsi précipitée par l'alcool parut à M. Braconnot la combinaison d'un acide végétal provenant de la gomme déshydrogénée. Avec la chaux et l'acide hydrochlorique, on parvint à isoler cet acide par le moyen suivant :

On a saturé la liqueur par de la chaux en poudre et en excès, et après avoir bien lavé le dépôt sur une toile on l'a décomposé à une douce chaleur par l'acide sulfurique affaibli. On a obtenu un acide poissant, attirant l'humidité de l'air et refusant obstinément de cristalliser.

Cet acide est peu soluble dans l'alcool rectifié; il est précipité par l'acétate de plomb; le nitrate d'argent n'y produit point de changemens appréciables; l'eau de chaux en excès, l'eau de baryte y forment un précipité.

Il forme avec les bases salifiables des combinaisons incristallisables. Saturé par le sous-carbonate de chaux, il donne un sel très-soluble, lequel desséché ressemble à de la gomme, n'attire pas l'humidité, et dont la solution est précipitée par l'acide sulfurique qui en sépare la chaux. L'acétate de plomb forme également avec cette

solution un précipité soluble dans les acides affaiblis.

D'après ces propriétés, cet acide a bien quelque analogie avec l'acide malique, mais sa saveur est bien moins forte, et on n'a pu par aucun moyen l'obtenir cristallisé.

Le sucre soumis au même traitement, c'est-à-dire à l'action long-temps continuée du chlore, a donné un résultat à peu près semblable; cet acide est probablement le même que celui obtenu par M. Guérin quand il a traité la gomme par l'acide nitrique.

Nancy, le 6 août 1832.

Nouvelle *construction d'une Machine électro-magnétique.*

M. Hachette a informé l'Académie (*séance du 3 septembre* 1832) qu'un appareil donnant une suite continue d'étincelles électriques au moyen d'un aimant mobile, venait d'être construit par les fils de M. Pixii, ingénieur en instrumens de physique.

Cet appareil est composé de deux fers à cheval de même ouverture, l'un d'acier aimanté, l'autre en fer doux. Ils sont situés bout à bout dans un plan vertical, passant par l'axe de figure qui leur est commun; les bouts opposés, quoique très-rapprochés, ne se touchent pas.

Les sections transversales sont pour l'aimant un rectangle, et pour le fer doux un cercle dont le diamètre pourrait égaler la largeur du rectangle. Un fil de cuivre entouré de soie fait plusieurs révolutions sur les deux branches du fer doux; il y est retenu par quatre rondelles

de cuivre, dont deux affleurent les bouts circulaires de ces branches. Les extrémités du fil de cuivre sont dirigées vers une capsule, ou flacon en verre, contenant du mercure, et fixées à une petite distance de la surface de ce métal à l'état de repos.

L'aimant en fer à cheval, dont la courbure est en bas, tourne sur son axe de figure, qui est vertical, et à chaque demi-révolution, ses deux bouts polaires *nord* et *sud* sont en conjonction avec ceux du fer doux qui sont fixes, et sur lesquels l'aimant agit par influence à la petite distance qui les sépare. La même influence momentanée se communique au fil enroulé et produit aux extrémités de ce fil une suite d'étincelles électriques qu'on aperçoit à la surface du mercure.

Si l'un des bouts du fil de cuivre enroulé sur le fer doux plonge dans le mercure, l'étincelle sera plus vive à l'extrémité non plongée, et deux étincelles successives seront dues à des électricités contraires, ainsi qu'il est démontré dans le très-beau mémoire de M. Faraday, publié dans le cahier de ces Annales (mai 1832).

Le fer doux et le fil de cuivre enveloppé de soie qui l'entoure étant dans une position fixe, on fait tourner l'aimant au moyen d'une manivelle et d'une roue d'angle qui engrène un pignon horizontal monté sur l'axe de rotation du fer à cheval aimanté, lequel axe est au-dessous de la courbure de ce fer à cheval.

Cette nouvelle construction est fondée sur le fait bien connu, qu'un aimant agit à distance sur du fer doux, qui devient lui-même aimanté, et conserve son aimantation tant que ce fer doux est dans la sphère d'action de l'aimant.

L'aimant de l'appareil construit par MM. Pixii pèse deux kilogrammes et peut en porter quinze. Sa section transversale est un rectangle dont les côtés ont 35 et 10 millimètres. La hauteur verticale du fer à cheval dans le sens de l'axe de figure est de 21 centimètres; l'ouverture ou l'écartement des bouts polaires, de 2 centimètres. Cet écartement est le même entre les bouts opposés du fer doux, dont les branches cylindriques ont 15 millimètres de diamètre. La hauteur de ces branches est d'environ 8 centimètres. La longueur du fil enroulé est de 50 mètres; son poids d'un quart de kilogramme.

Le flacon de verre contenant le mercure est placé sur le châssis en bois de l'appareil, et participe au mouvement vibratoire qui résulte du choc des dents du pignon fixé sur l'axe de l'aimant par la roue qui engrène ce pignon. Ce mouvement élève la surface du mercure à la hauteur de l'extrémité du fil non plongé; le flot du mercure prenant une autre direction, l'étincelle se manifeste à l'instant où l'extrémité du fil sort du flot.

Sur *la Force magnétique que peuvent prendre des Barreaux de fer doux sous l'influence des Courans électriques;*

Par M. le professeur Moll.

Nous extrayons les détails suivans d'un mémoire hollandais intitulé : *Electro-magnetische proeven*, et présenté par M. Moll à l'Institut des Pays-Bas, en présence

duquel il a répété ses expériences le 30 janvier de cette année; nous croyons que nos lecteurs verront avec plaisir les résultats auxquels l'auteur est parvenu en répétant une observation curieuse qui avait été faite d'abord par M. Sturgeon de Woolwich.

L'auteur a pris un baquet de cuivre rouge dans lequel il a plongé une plaque de zinc dont la surface en contact avec le liquide pouvait avoir 11 pieds anglais de surface, les fils conducteurs qui partaient du cuivre et du zinc étaient de cuivre rouge et plongeaient dans de petits vases de bois remplis de mercure bien pur. Il avait fait préparer d'avance un morceau de fer doux anglais, ayant la forme d'un fer à cheval comme les aimans artificiels ordinaires. La hauteur était de $0^m,22 = 8\frac{1}{2}$ pouces anglais, et l'épaisseur de $0^m,025 = 1$ pouce; autour de ce fer était enroulé en hélice 83 fois un fil de cuivre rouge d'une épaisseur de $0^m,003 = \frac{1}{8}$ pouce; le fer avec le fil qui l'entourait pouvait peser 2,5 kil. ou 5 livres. Comme dans les aimans ordinaires, aux pôles était adapté un porte-poids qui débordait un peu des deux côtés et qui pesait environ 630 grammes, ou $1\frac{1}{4}$ livre; le fer avant l'expérience n'était point magnétique, du moins pas d'une manière sensible. Les deux extrémités du fil qui l'entourait furent plongées dans les petits vases où plongeaient aussi les deux fils conducteurs de l'élément voltaïque.

Au moment du contact, le fer prit une force magnétique si grande qu'il fut capable de porter 25 kilogrammes; et avec des précautions on parvint à lui en faire porter 38; le pôle sud était à l'endroit du fer où venait se rendre le fil conducteur en contact avec le zinc.

La rapidité avec laquelle le fer acquiert la vertu magnétique n'est pas moins remarquable que la vitesse avec laquelle on peut la faire disparaître et la faire naître de nouveau en renversant les pôles. Que l'on se contente par exemple de faire porter une dixaine de kilogrammes au fer traversé par le courant électrique ; dès que le courant sera suspendu, le fer perdra peu à peu sa vertu et le poids suspendu tombera (1). Il tombera à l'instant même, si les fils conducteurs sont changés de pôle ; ce qu'il y a de remarquable, c'est que le fer lui-même éprouve presque instantanément un renversement de pôles.

Le renversement des pôles a lieu sur-le-champ, et toutes les fois qu'on fait éprouver aux fils conducteurs un changement de contact du zinc au cuivre ; ce résultat doit étonner sans doute si l'on songe aux difficultés qu'on éprouve par les procédés ordinaires à renverser les pôles dans un aimant capable de porter 76 livres. Si l'on prend une aiguille légère qu'on applique par ses deux extrémités contre les deux pôles, cette aiguille ne tombe plus pendant le renversement des pôles ; ce renversement se fait si subitement, que l'aiguille, pendant qu'il s'opère, n'a pas le temps de vaincre la résistance de l'air et de sortir de la sphère d'attraction de l'aimant.

Si l'on soutient avec la main le morceau de fer qu'on applique contre les pôles pendant qu'on les renverse, ce renversement devient singulièrement sensible par la

---

(1) M. Moll dit qu'il a vu le fer à cheval dont il a été fait mention, porter 25 kilogrammes, même un quart d'heure après que le courant avait été intercepté.

pression que le fer exerce un moment sur la main en retombant, et avant qu'il soit ressaisi par l'attraction des pôles qui ont changé de place.

L'aimant porte le plus au moment où l'on établit le contact des fils conducteurs avec l'élément voltaïque. Si l'on augmente successivement la charge et qu'elle tombe, la charge suivante ne pourra jamais redevenir aussi grande.

Si l'on frotte des aiguilles ou des barreaux d'acier sur le fer doux pendant qu'il possède la vertu magnétique par l'action des courans, on parvient à les aimanter à saturation. On peut donc communiquer un magnétisme durable par l'intermédiaire d'un corps qui perd toute sa vertu dès qu'on le soustrait à l'influence des courans électriques. On peut avec la même facilité renverser les pôles d'une aiguille ou d'un barreau déjà aimanté par les procédés ordinaires.

En soumettant le fer à cheval des expériences précédentes à l'action de deux ou de plusieurs élémens voltaïques, il ne parut pas que la force acquise en devînt plus grande; de manière que cette force semble avoir des limites. M. Moll, d'après le conseil de M. Van Beek, fit construire un fer à cheval en cuivre exactement semblable au fer employé précédemment, mais il ne parvint pas à lui communiquer de la force, quelle que fût la nature des fils conducteurs; il paraîtrait donc que le fer seul est susceptible de s'aimanter. Il fit encore quelques autres essais, et parvint à faire porter 77 kilogrammes à un fer à cheval de 13 kilogrammes qui avait $0^{m},3$ de hauteur et 55^{mm} d'épaisseur.

Un barreau d'acier, courbé en fer à cheval et déjà

aimanté d'avance, fut soumis à son tour à l'action des courans électriques, comme il a été dit précédemment, mais sans aucun résultat. Cet aimant ne porta jamais que 5 livres pendant l'expérience et après, comme il l'avait fait d'abord.

On a vu un grand nombre de petits aimans porter des charges considérables comparativement à leur poids, cependant on ne connaît guère que deux ou trois grands aimans qui aient porté des charges plus fortes que les aimans obtenus par M. Moll; l'un d'eux est l'aimant du musée de Teyler à Harlem, qui porte ordinairement environ 200 livres, et qui, selon M. Van Marum, pourrait bien en porter 30 de plus. Nous pensons que ces expériences jetteront un nouveau jour sur la théorie du magnétisme, qui doit déjà tant aux recherches des physiciens modernes.

Addition du Rédacteur. — Dans la vue de répéter les expériences précédentes avec M. Lipkens, inspecteur général du cadastre, j'ai fait construire un fer à cheval entouré d'un gros fil de laiton en hélice, exactement d'après les dimensions indiquées par M. Moll. Le fil de laiton était enveloppé de soie. M. Onder de Wyngaart Cantius, directeur de notre Musée national, a bien voulu se réunir à nous pour ces expériences, et a mis à notre disposition un élément voltaïque en spirale de $2^m,35$ de longueur sur $0^m,58$ de hauteur, ce qui donnait une surface de plus de $1^m,36$. Quelques instans après que les communications eurent été établies, le porte-poids qui pesait environ un demi-kilogramme, adhéra

sans peine aux extrémités du fer à cheval. Nous y attachâmes en même temps un kilogramme, mais il nous fut impossible d'augmenter cette charge. Après quelques essais infructueux, nous répétâmes les autres parties de l'expérience. Ainsi la charge retombait dès que les communications étaient interrompues, tandis qu'un petit fil de fer dans les mêmes circonstances adhérait encore un temps assez long. Le changement des pôles s'effectuait de la manière la plus facile; il nous fut impossible de faire porter aux pôles qui se formaient dans le fer à cheval une aiguille d'acier d'un décimètre de longueur, quoique nous pussions y appliquer un poids de fer doux de plus de trois livres. Quelques frictions suffirent pour aimanter un petit ressort de montre. Quoique nous ayons été loin d'atteindre dans ce premier essai des effets aussi énergiques que ceux dont parle M. Moll, nous avons pu du moins vérifier ses résultats. Ce savant s'est assuré qu'en augmentant la surface de l'élément voltaïque, les effets obtenus n'étaient pas sensiblement amplifiés; il eût été à désirer qu'il eût indiqué aussi de combien on pouvait réduire la surface de l'élément voltaïque sans nuire sensiblement aux effets obtenus. Cette espèce de limite serait importante à établir. Pendant que le fer à cheval portait à peu près le maximum de sa charge, nous avons laissé s'écouler lentement le fluide conducteur dans lequel l'élément voltaïque était plongé, et la charge ne retomba que lorsque $0^m,45$ de hauteur étaient déjà hors du fluide, de sorte $0^m,12$ seulement y plongeaient encore, c'est-à-dire environ le cinquième de l'élément. Il est vrai que l'osier qui séparait le zinc du cuivre établissait encore des communica-

tions nombreuses hors du liquide par l'humidité qu'il avait retenue (1).

En remettant successivement le fluide que nous avions enlevé, l'action électrique recommença à échauffer les fils conducteurs, et il fut possible de faire porter de nouveau au fer à cheval sa charge primitive, quand le niveau du liquide n'était plus qu'à $0^m,1$ du bord supérieur de l'élément voltaïque, de manière que les $\frac{5}{6}$ environ étaient plongés.

Nous laissâmes une seconde fois s'écouler le liquide, et quand son niveau fut à peu près à la moitié de l'élément, la charge retomba.

Le liquide fut encore remis successivement, et la charge adhéra comme la seconde fois, quand le niveau du liquide ne fut plus qu'à $0^m,1$ du bord supérieur de l'élément. Mais une légère secousse l'ayant détaché, il fut impossible de le faire reprendre; déjà le courant électrique avait beaucoup perdu de son énergie, car en plongeant l'élément tout entier, le maximum de charge qu'on put faire porter fut de deux livres tout au plus, en y comprenant un porte-poids moins pesant que celui qui avait été employé d'abord.

Peut-être le peu d'énergie que nous avons obtenue dans nos résultats tient-elle à la nature du fer employé;

---

(1) Ce qui semble confirmer ceci, c'est qu'en employant ensuite un élément voltaïque qui pouvait avoir en surface le dixième de l'élément précédent, et conséquemment la moitié de ce qui plongeait dans l'essai dont il est ici question, nous ne parvînmes jamais à faire adhérer complètement un porte-poids qui ne pesait guère qu'un quart de kilogramme.

peut-être aussi aux fils conducteurs. Nous nous proposons de répéter encore ces expériences employant aussi un élément voltaïque nouveau.

Sur *l'influence de la grandeur des élémens voltaïques pour développer la force magnétique dans le fer doux.*

Les expériences suivantes ont été faites, il y a plus d'un an, par MM. Lipkens et Quetelet, avec des appareils que M. Onder de Wyngaart Cantius avait eu la complaisance de mettre à leur disposition au Musée des arts et de l'industrie, à Bruxelles. S'il en est encore fait mention ici, après les effets énergiques qui ont été obtenus dans les derniers temps et particulièrement en Amérique, c'est qu'elles tendent à faire connaître l'influence de la grandeur des élémens voltaïques pour développer la force magnétique dans le fer doux, et la différence d'effets qu'on obtient selon la manière dont les élémens sont plongés dans le liquide conducteur, particularités dont on semble s'être moins occupé dans ces sortes de recherches. Les événemens politiques et les changemens qui ont été faits au Musée, ont empêché de recommencer ces expériences qui mériteraient peut-être l'attention des physiciens; peu de personnes possèdent de grands élémens voltaïques, et il est bon qu'elles sachent cependant qu'avec des élémens de médiocre dimension, elles peuvent produire des effets considérables.

On a pris un barreau de fer, courbé en fer à cheval, du poids de deux kilogrammes environ, et enveloppé

d'un fil de cuivre qui l'entourait en spirale 83 fois ; on a mis les extrémités de ce fil en communication avec un élément voltaïque de forme rectangulaire, et dont le zinc, sur un des côtés, présentait 11 $\frac{1}{2}$ pieds de surface. Cette lame de zinc de 60 pouces de largeur a été enfoncée graduellement dans le liquide conducteur.

1er *essai*. Dès qu'elle fut enfoncée de 2 pouces et demi, elle soutint le porte-poids de 2 kil., le bassin de 4 kil. et 12 kil. de charge, en tout 18 kil.

2e *essai*. Le zinc fut enfoncé une seconde fois à 2 $\frac{1}{2}$ pouces de profondeur, mais cette fois le fer à cheval ne put porter que 8 kil. en y comprenant les poids du bassin et du porte-poids.

3e *essai*. Le zinc fut enfoncé une troisième fois dans le liquide conducteur à la profondeur de 20 $\frac{3}{4}$ pouces ; mais il fut impossible de faire porter au fer plus de 17 kil., moins par conséquent que dans le premier essai, lorsque le zinc ne plongeait que de la hauteur de 2 pouces et demi.

4e *essai*. Dans le quatrième essai, quoique le zinc plongeât de 23 pouces, le fer à cheval ne put soutenir en tout que 13 kil.

5e *essai*. Le zinc étant complètement plongé, il fut impossible de faire au fer plus de 16 kil. en tout.

Tous ces essais ont eu lieu pendant que le zinc était encore mouillé des épreuves précédentes; c'est donc dans le premier essai, lorsque le zinc plongeait pour la première fois et à peine de 2 $\frac{1}{2}$ pouces, que la première charge fut soutenue.

6e *essai*. On laissa reposer le zinc, et dès qu'il fut sec, on le replongea brusquement et en entier dans le li-

quide conducteur qui avait déjà servi aux essais précédens ; néanmoins on fit adhérer au fer à cheval le porte-poids et le bassin avec 27 kil. de charge, en tout 33 kilogrammes.

Il était donc bien évident qu'on amplifiait de beaucoup la force magnétique du fer en plongeant brusquement le zinc tout entier dans le liquide ; il devenait évident aussi qu'on pouvait produire des effets très-énergiques en employant des élémens voltaïques d'assez médiocre dimension ; c'est ce qui fut effectivement vérifié par l'expérience.

7e *essai.* La lame de zinc de l'élément voltaïque n'avait cette fois que 2 $\frac{13}{16}$ pieds carrés de surface d'un côté. Dès qu'elle fut plongée, le porte-poids et le bassin adhéra au fer à cheval avec 11 kil., en tout 17 kil.; dans un nouvel essai la charge totale ne fut que de 14 kil.

En prenant successivement des élémens voltaïques et des morceaux de fer doux de différentes dimensions, il fut facile de reconnaître que l'énergie des effets dépendait moins de la grandeur des premiers que de celle des seconds, de sorte qu'avec des élémens voltaïques de grandeur assez médiocre, mais en employant de gros barreaux de fer doux courbés en fer à cheval et enveloppés un très-grand nombre de fois par le fil conducteur, on pourrait amplifier considérablement les effets. Il serait sans doute très-curieux de rechercher le rapport qui existerait entre le poids du fer à cheval et celui de sa charge, en continuant à se servir du même élément voltaïque.

(Les deux articles qui précèdent sont empruntés à la *Correspondance Mathématique et Physique publiée par M. Quetelet, de Bruxelles.*)

Extrait *d'une lettre de* M. Liebig *à* M. Gay-Lussac, *sur le Radical de l'Acide benzoïque.*

Nous avons trouvé, M. Wohler et moi, que l'huile d'amandes amères privée d'acide hydrocyanique, d'acide benzoïque et d'eau, est une combinaison d'hydrogène avec le radical de l'acide benzoïque; sa composition est $C^{14} H^{10} O^2 + H^2 = R + H^2$. L'acide benzoïque anhydre contient $C^{14} H^{10} O^3 = R + O$; l'acide benzoïque cristallisé $C^{14} H^{10} O^3 + H^2 O$.

En traitant la combinaison $R + H^2$ par le chlore parfaitement sec, l'hydrogène y est remplacé par un équivalent de chlore; on a un corps huileux d'une odeur extrêmement pénétrante; c'est un chlorure du radical de l'acide benzoïque $= R + Chl^2$; en mettant ce chlorure en contact avec de l'eau, il la décompose, et par le partage des élémens de l'eau, il se produit d'une part de l'acide hydrochlorique, et de l'autre part de l'acide benzoïque.

Par la distillation de ce chlorure sur du cyanure de mercure, de l'iodure de potassium, du sulfure de plomb, on obtient des combinaisons correspondantes du radical avec le cyanogène, le soufre, le brôme et l'iode, qui sont en partie solides et cristallisables et qui jouissent de propriétés assez remarquables.

Le chlorure $R + Chl^2$ mêlé à de l'alcool produit de l'acide hydrochlorique et de l'éther benzoïque très-pur et identique à de l'éther benzoïque ordinaire; nous l'a-

vons trouvé composé de $C^{18}\ H^{20}\ O^{4}$, ou formé d'un atome d'acide benzoïque anhydre et d'un atome d'éther.

Le chlorure $R + Chl^{2}$ absorbe une grande quantité de gaz ammoniaque sec, et donne naissance à un corps nouveau, dont la composition est absolument analogue à celle de l'oxamide, $C^{14}\ H^{14}\ O^{2}\ A^{2}$. En ajoutant à cette formule 1 atome d'eau, on a exactement les élémens du benzoate d'ammoniaque anhydre. Ce corps s'obtient en très-beaux cristaux très-solubles dans l'eau chaude. Sa dissolution ne précipite aucun sel métallique, et à froid la potasse et la chaux n'y développent point d'ammoniaque. Par l'action des acides forts, ou fondu avec les alcalis, il se transforme en acide benzoïque et en ammoniaque.

Les cristaux qui se forment spontanément dans l'huile d'amandes amères ont absolument la même composition que l'huile pure; c'est la combinaison isomérique de $R + H^{2}$.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	763,40	+19,0	70	762,43	+19,7	52	761,54	+22,0	45	760,60	+18,0	60.	+22,0	+11,7	Nuages clairs.	N. E.
2	759,93	+16,5	84	759,97	+20,0	72	759,70	+19,4	72	759,92	+16,5	84	+20,0	+12,5	Très-nuageux.	N. E.
3	759,07	+19,7	75	758,45	+22,7	70	757,56	+22,2	68	757,20	+17,2	80	+22,7	+13,5	Nuageux.	N. E.
4	756,67	+20,0	60	756,16	+27,0	58	755,66	+27,8	55	755,73	+21,8	70	+28,5	+13,8	Nuageux.	S.
5	756,97	+22,0	65	756,90	+24,7	66	756,55	+25,5	60	756,66	+16,7	78	+25,5	+15,0	Nuageux.	N. O.
6	756,30	+24,0	66	755,33	+28,3	60	753,96	+28,0	56	752,70	+19,0	70	+28,3	+14,0	Nuageux.	S. S. O.
7	754,14	+21,5	70	754,57	+22,7	65	755,40	+22,5	66	758,02	+15,0	78	+22,7	+15,0	Nuageux.	O. S. O.
8	757,93	+24,0	66	757,40	+26,8	64	756,45	+26,0	63	756,36	+19,0	76	+26,8	+14,5	Nuageux.	S. O.
9	758.46	+23,5	74	758,77	+27,2	66	758,52	+26,5	61	758,60	+20,0	76	+27,5	+16,2	Très-nuageux.	S. O.
10	756,66	+27,3	68	756,03	+32,5	60	754,82	+31,3	60	754,30	+23,7	80	+33,8	+16,0	Nuageux.	S.
11	754,30	+26,1	66	755,10	+26,5	69	754,85	+27,7	65	755,02	+21,2	80	+28,5	+18,7	Couvert.	S. O.
12	752,88	+24,9	80	751,97	+30,9	70	750,54	+31,3	64	750,17	+25,0	80	+31,5	+17,0	Très-nuageux.	S. E.
13	753,70	+27,2	70	754,73	+31,5	60	754,84	+31,2	56	756,62	+25,0	76	+31,8	+20,2	Nuageux.	S. O.
14	757,14	+30,6	65	757,20	+34,8	54	757,70	+35,0	52	761,12	+22,3	75	+34,8	+21,3	Beau.	S.
15	765,53	+21,7	76	765,40	+25,5	68	765,03	+25,0	60	766,25	+16,2	72	+25,5	+16,2	Nuageux.	N.
16	765,06	+22,3	72	764,50	+25,5	62	764,02	+21,8	70	763,72	+16,3	78	+25,5	+14,5	Nuageux.	N. O.
17	762,70	+23,5	75	761,75	+26,2	70	760,34	+27,5	68	759,63	+21,5	76	+27,5	+17,0	Beau.	O.
18	757,34	+23,4	70	757,20	+24,3	70	758,06	+21,0	76	759,10	+14,5	76	+24,3	+14,5	Nuageux.	N. O.
19	759,12	+19,0	71	759,20	+20,0	60	759,07	+19,2	58	760,14	+13,7	76	+20,0	+11,7	Nuageux.	N. O.
20	760,65	+17,3	65	760,38	+19,0	61	759,54	+19,3	60	759,22	+13,8	72	+20,5	+10,2	Très-nuageux.	N.
21	758,76	+16,2	70	758,04	+18,2	65	757,82	+18,5	61	758,34	+14,0	84	+18,7	+10,5	Très-nuâgeux.	N. E.
22	758,41	+17,0	85	758,16	+22,0	70	757,45	+22,5	60	758,18	+16,5	85	+22,5	+11,8	Nuageux.	N. E.
23	760,20	+17,2	75	760,11	+20,5	70	760,00	+19,2	66	760,38	+13,7	84	+20,5	+11,0	Très-nuageux.	N.
24	761,22	+18,3	84	760,80	+22,8	66	760,73	+18,5	71	762,23	+15,0	86	+22,8	+12,3	Très-nuageux.	N. O.
25	862,37	+20,7	74	761,30	+23,7	57	760,09	+24,2	54	760,04	+16,2	85	+24,2	+12,0	Vapeurs.	O. N. O.
26	759,57	+17,8	90	758,88	+22,5	80	758,35	+21,3	72	757,80	+15,5	90	+22,5	+13,8	Couvert.	N.
27	757,08	+16,5	85	757,02	+17,2	85.	757,00	+18,0	81	757,54	+16,2	90	+19,0	+13,5	Couvert.	N.
28	759,45	+17,5	88	759,26	+21,6	60	759,40.	+21,8	52	760,90	+16,3	72	+21,8	+13,0	Nuageux.	N.
29	762,70	+16,7	80	762,50	+18,7	66	761,97	+22,7	57	763,10	+17,2	82	+22,7	+11,5	Nuageux.	N.
30	764,04	+14,8	96	763,44	+19,8	87	762,45	+22,5	70	762,30	+18,8	80	+22,5	+12,8	Nuageux.	N.
31	762,30	+19,2	78	761,20	+25,0	53	759,88	+24,7	52	759,35	+18,5	74	+25,0	+12,5	Nuageux.	N.
1	757,95	+22,3	70	757,60	+25,2	63	757,02	+25,1	61	757,01	+18,7	75	+25,8	+14,2	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	758,84	+23,6	71	758,74	+26,4	64	758,40	+25,7	63	759,10	+19,0	76	+27,0	+16,1	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 0,180
3	760,56	+17,4	82	760,06	+21,1	69	759,56	+21,3	63	760,02	+16,2	83	+22,0	+12,2	Moyennes du 21 au 31.	Terrasse, 0,160
	759,16	+21,0	75	758,84	+24,1	66	758,36	+23,9	62	758,75	+19,9	78	+24,8	+14,1	Moyennes du mois.	+ 19,5.

Histoire *chimique de la Méconine;*

Par J. P. Couerbe.

La méconine est une substance organique susceptible de prendre des formes cristallines régulières. Sa découverte ne remonte pas à une époque bien reculée, je l'ai faite en 1830, lorsque, à la fabrique de M. Pelletier, j'étais chargé de conduire une partie des travaux chimiques; mais à cette époque je ne l'obtins qu'en quantité minime et seulement suffisante pour déterminer quelques-unes de ses propriétés que je relatai dans des notes particulières afin d'achever plus tard son étude. Je ne fis part de ma découverte qu'à M. Robiquet, qui possède encore une lettre que j'eus l'honneur de lui écrire sur ce sujet. J'ignorais alors que lorsque je pourrais étudier convenablement cette substance, j'apprendrais qu'elle avait été entrevue par un pharmacien habile; ce n'est que lorsque j'ai eu publié une note sur ce principe organique que j'ai appris avec étonnement que M. Dublanc jeune en avait parlé dans un mémoire inédit (1).

La substance que M. Dublanc décrit comme étant nouvelle, contient, d'après lui, de l'azote, brûle sans s'enflammer en donnant des produits qui caractérisent

(1) Ce mémoire fort intéressant a été publié dans un des numéros des *Annales de Chimie et de Physique* où se trouve ma note. On y voit en effet l'annonce d'une substance nouvelle, mais dont l'histoire laisse beaucoup à désirer.

les substances animales, et se compose de beaucoup plus d'hydrogène que la narcotine.

Bien que la substance que j'ai fait connaître sous le nom de méconine, se volatilise sans le moindre résidu et se distille sans altération ; bien qu'elle ne contienne pas la plus faible trace d'azote et qu'elle se compose de moins d'hydrogène que la narcotine, je crois néanmoins que la méconine est la matière cristalline que M. Dublanc a étudiée, mais dont la trop petite quantité sans doute ne lui aura pas permis de reconnaître les véritables propriétés.

Toutefois, dans l'étude que je vais faire de cette singulière substance, je ne me considérerai pas comme un simple curieux voulant ajouter quelques faits à l'histoire d'un corps, car tout en reconnaissant que M. Dublanc a trouvé une matière particulière dans l'opium, je crois pouvoir également me considérer comme l'auteur de la découverte de la méconine, dont j'ai déjà donné quelques caractères, et dont je viens entretenir l'Académie en lui présentant une série de recherches qui compléteront son étude.

La méconine est une substance organique qui est solide à la température ordinaire, entièrement blanche, sans odeur, d'une saveur d'abord nulle qui devient d'une âcreté très-sensible à mesure qu'elle macère dans la bouche. Elle est soluble tout à la fois dans l'eau, l'alcool et l'éther et cristallise très-bien dans l'un ou l'autre de ces liquides.

La forme cristalline de cette matière est un prisme à six pans, dont deux faces plus larges et parallèles terminées par un sommet diëdre.

Exposée à la température de 90° c., la méconine entre en liquéfaction et est entièrement fondue à 90°,5 ; dans cet état elle est sous forme d'un liquide incolore et de la plus pure limpidité. Elle peut rester ainsi fondue la température s'abaissant jusqu'à 75°. A 155° c. elle se réduit en vapeur et peut se distiller à la manière d'un liquide sans perdre aucune de ses propriétés primitives ; par le refroidissement elle se prend en masse blanche semblable à de la graisse très-pure.

Cette propriété que présente la méconine de se sublimer et de se distiller sans altération est excessivement curieuse ; je suis étonné que M. Dublanc, qui paraît avoir soumis cette substance à l'action du feu, n'ait pas obtenu ce phénomène, car il est impossible de la chauffer à l'air libre sans la voir s'évanouir sans résidu lorsqu'on opère bien, et avec une legère carbonisation lorsqu'on met trop de masse et qu'on applique sans attention la chaleur.

L'eau dissout à la température ordinaire fort peu de méconine ; elle en dissout beaucoup plus à chaud. Elle exige 265,75 parties d'eau froide et seulement 18,55 parties d'eau bouillante, la pression étant de 0,76.

Sa dissolution dans l'eau bouillante ne se fait pas sans présenter un phénomène assez joli que je crois devoir mentionner ; à mesure que l'eau s'échauffe, la matière s'opalise, les cristaux se déforment, acquièrent une consistance molle et viennent nager sous forme de flocons à la surface du liquide, puis à mesure que la température s'élève davantage, la substance prend l'aspect de gouttes huileuses, incolores, qui suivent tous les mouvemens de l'eau et enfin se dissolvent.

L'alcool, l'éther dissolvent en beaucoup plus grande quantité que l'eau la méconine ainsi que les huiles essentielles. C'est ce dernier dissolvant qui m'a fait connaître la méconine pour être la matière que M. Dublanc a étudiée avant moi.

L'acétate de plomb versé dans une solution aqueuse de méconine ne donne aucun précipité; le sous-acétate la précipite au contraire, et contracte avec elle une sorte de combinaison qui pourra peut-être me servir à prendre sa capacité de saturation.

Les alcalis ne présentent pas de phénomènes bien curieux avec ce principe immédiat végétal; la plupart le dissolvent mais ne paraissent pas contracter avec lui de combinaison déterminée : la potasse et la soude sont dans ce cas. L'ammoniaque ne peut dissoudre ni à froid ni à chaud cette substance, et le carbonate ammoniacal précipite la méconine de ses dissolutions dans les alcalis caustiques.

Les acides se comportent diversement avec la méconine; plusieurs la dissolvent sans l'altérer, quel que soit leur état de concentration; tels sont les acides hydrochlorique, acétique, etc. D'autres au contraire en changent la nature et produisent des phénomènes qui méritent de fixer toute notre attention; tels sont les acides sulfurique et nitrique.

Action de l'acide sulfurique.

L'acide sulfurique étendu du quart ou de la moitié de son poids d'eau dissout à froid la méconine; la solution est limpide et incolore; si on la chauffe à une très-douce

chaleur elle se concentre, et lorsqu'elle est arrivée à un certain point d'acidité, on voit se former des stries verdâtres, qui se multiplient tellement que bientôt le liquide prend le beau vert foncé de la chlorophylle. Si on ne pousse pas plus loin la chaleur, on a un liquide dont la couleur peut se conserver très-long-temps sans s'altérer. La méconine dans cet état est entièrement décomposée et ne peut par conséquent se reconstituer; mais la masse n'est point charbonée. Si l'on verse dans ce *sulfate vert de méconine* de l'alcool, le mélange s'effectue, la solution s'opère, et le liquide, de vert qu'il était, passe au rose clair; mais dans ce cas la couleur primitive n'est point détruite, car si on chasse l'alcool par la chaleur, le vert que l'on a observé d'abord se reproduit. Si au lieu d'alcool on ajoute de l'eau dans le *sulfate vert de méconine*, on précipite instantanément une matière floconneuse brune qui ne se dissout pas dans le mélange, même lorsqu'on le porte à l'ébullition. Si on filtre pour séparer ces flocons roussâtres, on obtient un liquide rose dont la couleur, sans être foncée, est des plus franches. Ce liquide concentré à une température modérée laisse reparaître la couleur verte dont j'ai déjà parlé; si on ajoute une seconde fois une certaine quantité d'eau, on en précipite encore de la matière brune que l'on peut recueillir, et on fait renaître la solution rose; enfin en rapprochant et étendant ainsi d'eau le liquide, on reproduit les couleurs tant qu'il reste des matières organiques dans la solution, et on arrive à un point où l'acide ne recèle que des traces insensibles de cette substance. L'ammoniaque versée dans la solution rose n'en précipite rien et avive singulièrement la couleur.

La matière brun marron que l'on sépare ainsi est soluble dans l'acide sulfurique concentré et le colore en vert à l'aide d'une douce chaleur. Elle est insoluble dans l'eau ; se dissout au contraire très-bien dans les alcalis, dans l'alcool et l'éther ; sa solution dans ces deux liquides est d'un très-beau rose foncé. Les sels de plomb, d'alumine, d'étain, versés dans la solution alcoolique étendue d'eau autant que le comporte la matière, l'en précipitent sous forme de laque à la manière d'un grand nombre de matières colorantes. Je n'ai pas poussé plus loin l'examen de cette substance brune.

D'après ces faits, il est facile de voir que la matière brune que l'on sépare de la liqueur rose par le filtre est la même substance qui colore le liquide, selon qu'il y a de l'eau où qu'il y a absence de ce liquide, en rose dans le premier cas, en vert dans le second. Cet ordre de phénomènes très-curieux me rappelle les hydrates colorés de narcéine que M. Pelletier a fait connaître, et qu'il a si ingénieusement expliqués. Toutefois on remarquera que ce phénomène est moins général que ceux que M. Pelletier a signalés sur le produit organique qu'il a fait connaître, produit qu'il aurait pu appeler, sans trop forcer l'expression, *caméléon végétal*.

L'acide nitrique se comporte d'une manière non moins curieuse sur la méconine en raison du produit auquel il donne naissance ; ici rien de semblable de ce qui vient de se passer dans le paragraphe précédent ne se manifeste ; que l'acide soit où non concentré, l'action est toujours la même.

A la température ordinaire, l'acide nitrique concentré dissout la méconine, et la solution prend une belle

couleur jaune clair ; à ce point la matière organique a subi une modification très-grande ; l'eau versée dans cette solution précipite de la matière végétale dans un état inconnu d'altération et en laisse une quantité notable dans le liquide ; mais ces faits ne sont pas très-importans à connaître. Si on soumet la solution nitrique à une douce chaleur, l'acide se dégage sans signe apparent de gaz nitreux, et il se forme autour de la capsule d'essai une auréole de cristaux jaunâtres. On peut pousser l'évaporation jusqu'à siccité sans craindre d'altérer la substance nouvelle ; à la fin de l'évaporation, et lorsque l'acide est entièrement dissipé, la masse reste fondue par l'effet de la chaleur ; par le refroidissement elle se prend en cristaux jaunâtres.

Lorsque j'ai fait agir l'acide nitrique, j'espérais obtenir de l'acide oxalique ; mais les cristaux obtenus, par leur seul aspect, ne pouvaient se confondre avec ce corps bien connu ni avec celui qui leur avait donné naissance.

Cette nouvelle matière formée par la réaction de l'acide nitrique à chaud sur la méconine possède des propriétés particulières qui lui permettent de prendre rang parmi les substances nouvelles. Sa forme cristalline est très-simple. J'aurai soin de la décrire quand j'en serai à l'étude que j'en ferai immédiatement après avoir complété celle de la méconine.

L'action du chlore sur la méconine est également très-remarquable. A la température ordinaire on ne voit pas se manifester d'action bien sensible ; on aperçoit seulement les cristaux se colorer légèrement en jaune, mais d'une manière très-lente. Si on chauffe la méconine jusqu'à son point de fusion et qu'on y fasse passer un cou-

rant de chlore bien pur et bien sec, on observe une coloration en rouge qui se produit à mesure que la méconine absorbe du gaz. Cet essai, qui ne pouvait que m'intéresser beaucoup, m'a engagé à prendre toutes les précautions convenables pour tenir compte de tous les phénomènes de réaction qui se produisent dans cette expérience. Lorsque je l'ai tenté, j'opérais dans des petits tubes éprouvettes, et tout l'appareil était monté avec ces simples instrumens. La quantité de méconine était de 0,010 gramm.; après l'opération elle était de 0,013. J'ai fait une seconde expérience sur une échelle plus grande en m'y prenant de la manière suivante. Dans un tube courbé en U, renflé légèrement près de sa base et du côté de la sortie du gaz, terminé par un entonnoir à un de ses bouts et courbé à angle droit par l'autre, j'ai introduit 0,245 gramm. de méconine; j'ai adapté à la partie *A* du tube un cylindre contenant du chlorure de calcium, et de l'autre extrémité de ce cylindre partait un tube courbé à angle droit qui allait puiser le chlore dans un flacon contenant de l'eau qui servait à laver le gaz qui provenait d'un appareil très-connu. Par cette disposition le chlore arrivait sur la méconine parfaitement lavé et séché. Quand j'ai voulu faire exercer son influence sur la méconine fondue, j'ai plongé la convexité du tube où se trouvait la méconine dans un vase contenant de l'huile chauffée au degré suffisant pour la maintenir à l'état fluide. Dans cet état la méconine formait une petite colonne courbe de liquide qui était traversée par un courant très-lent de chlore qui la faisait remonter jusqu'à la partie évasée où elle se divisait pour laisser passer le gaz qui ne s'absorbait pas. Après

l'expérience, la méconine fondue avait une couleur rouge de sang et était tout-à-fait transparente; elle exigeait pour se maintenir liquide une température bien supérieure à celle qui est nécessaire pour la fondre.

La masse possédait d'ailleurs quelques caractères particuliers; en se refroidissant par exemple, elle se prenait en cristaux aiguillés et très-serrés, perdait de sa belle couleur rouge éclatante et acquérait celle de jaune-rougeâtre, puis avait augmenté considérablement de poids; les 0,245 soumis à l'expérience pesaient après la réaction 0,330. C'est donc un véritable chlorure organique dont la composition pour 100 est :

Chlore.....	25,75
Matière organique..	74,25

Je dis pour le moment chlorure à base organique, car nous verrons plus loin que le radical de ce chlorure n'est pas de la méconine, comme on pourrait le penser. J'aurai soin de le faire connaître, ainsi que ce chlorure dont je ne dis qu'un mot en ce moment.

J'arrive maintenant à l'étude plus intime de cette matière dont les réactions sur divers corps nous ont donné tant de produits différens. Cette étude, comme on doit le prévoir, devenait pour moi un point très-important à résoudre; elle devait pour ainsi dire m'expliquer les mystères des jeux de toutes les affinités que j'avais observées dans le cours de mes expériences; mais malheureusement la connaissance du rapport de ses élémens ne m'a pas aidé beaucoup dans l'explication de tous les phénomènes observés.

J'espérais aussi, d'après la réaction que la méconine

m'avait paru exercer sur l'acétate tri-basique de plomb, parvenir à connaître sa capacité de combinaison; mais trois expériences que j'ai faites avec soin pour arriver à ce but m'ont bien vite convaincu que le plomb n'était entraîné par la méconine que d'une manière accidentelle et mécanique, et qu'il n'y avait là aucune combinaison définitive et constante. Il suffira pour le prouver de citer deux ou trois résultats.

J'ai traité 0,60 gramm. de méconine par une solution de sous-acétate de plomb dont la composition m'était parfaitement connue; la solution de la matière s'est très-bien effectuée à l'aide de la chaleur, et il s'est cristallisé par refroidissement $0^g,16$ de matière qui contenaient, l'analyse faite, 0,045 d'oxide plombeux, ce qui donne pour cent 39,13, représentant 4,06 d'oxigène.

Une autre expérience faite sur $0^g,46$ de matière ayant cristallisé dans les mêmes circonstances, ne m'a donné que 0,0355 d'oxide de plomb, tandis que j'aurais dû trouver 0,116, en regardant le premier résultat comme étant l'expression de la vérité. Dans les deux essais j'avais soin de m'assurer de l'état de l'oxide par sa réduction. D'après ces résultats singuliers par leur discordance, on doit voir que la méconine ne se combine pas à l'oxide de plomb d'une manière chimique, et qu'il faudra nécessairement avoir recours à un autre corps pour arriver à la connaissance de sa capacité de combinaison.

Forcé donc d'abandonner cet important problême, je me suis occupé de la détermination des principes de la méconine. J'eusse été désireux dans ces recherches délicates d'agir au moins sur un demi-gramme; mais je tenais

à conserver assez de méconine pour en présenter aux hommes célèbres qui seront choisis pour juger mon travail.

J'ai déjà dit dans le préambule de ce mémoire que la méconine n'était pas azotée; son analyse devenait par conséquent très-facile. Je ne donnerai pas ici tous les arides détails d'analyse ultime, je les réserve pour un travail que j'ai entrepris sur plusieurs substances dont la composition n'est pas encore connue; je dirai seulement que dans ces recherches, je n'ai pas employé plus de $0^g,100$ de matière pour chaque analyse, et que j'en ai fait quatre sur des quantités différentes de méconine, et que toutes, par leur grand rapprochement, m'ont permis de me servir de la moyenne dont voici les résultats :

Carbone...	60,247
Hydrogène.	4,756
Oxigène...	34,997

Nombres qui correspondent à 9 atomes de carbone, 9 atomes d'hydrogène et 4 atomes d'oxigène. Ce qui fixe le poids de son atome à 1142,102.

L'analyse calculée d'après cette formule donne à peu de chose près les résultats de l'expérience; elle donne :

Carbone...	60,234
Hydrogène.	4,742
Oxigène...	35,023

Matière cristalline obtenue par la réaction de l'acide nitrique à chaud sur la méconine.

J'ai dit plus haut que l'acide nitrique pur, concentré ou étendu d'eau, en réagissant sur la méconine, la trans-

formait en une matière particulière que j'ai promis de faire connaître. C'est de ce corps dont je vais parler maintenant.

Lorsqu'on traite donc la méconine par l'acide nitrique à chaud, et que l'on en continue l'action jusqu'à entière disparition de l'acide, on obtient une matière fusible qui se prend en cristaux en se refroidissant; cette matière contient un peu d'acide nitrique que l'on n'aurait pu chasser entièrement par le feu sans altérer la matière organique; pour la séparer de ce corps étranger, j'ai dissous ce produit dans de l'eau distillée bouillante; sa solution s'est colorée en jaune clair et a abandonné la matière par refroidissement sous forme de beaux cristaux. En les dissolvant dans l'alcool bouillant et les faisant cristalliser dans ce liquide, on obtient la substance parfaitement pure. Dans cette seconde purification je ne suis point parvenu à blanchir entièrement les cristaux, qui se sont présentés d'ailleurs sous la forme de très-longues aiguilles très-friables. Dans les deux purifications j'ai abandonné les eaux-mères que j'ai fait cristalliser à part dans la crainte qu'il y restât des traces d'acide nitrique libre. Les cristaux de première cristallisation n'en contenaient pas, comme je m'en suis assuré, ni libre ni en combinaison. C'est sur ces derniers que j'ai expérimenté pour parvenir à la connaissance de cette matière.

Dans cet état de pureté, cette substance est légèrement jaunâtre, sous forme de longs prismes déliés à quatre pans et à base carrée, ne retenant pas d'eau de combinaison.

Exposée à la température de 150°, cette nouvelle sub-

stance se fond et se volatilise en grande partie à 190° c.; l'autre portion se dessèche à cette température et se décompose lorsqu'on élève la chaleur, en dégageant une odeur d'amandes amères. Jetée sur des charbons incandescens, elle brûle et répand une odeur d'aubépine.

Comme on vient de le voir, cette matière est soluble dans l'eau et dans l'alcool; c'est même toujours ce dernier liquide qu'on devra choisir de préférence pour avoir de longs et beaux cristaux prismatiques, après l'avoir toutefois déjà obtenue cristallisée dans l'eau.

L'éther dissout aussi cette matière et, chose remarquable, la solution est tout-à-fait sans couleur, ce qui n'existe pas quand on emploie l'eau ou l'alcool pour la dissoudre; mais une circonstance encore plus curieuse, c'est que quelques gouttes d'éther versées dans une solution alcoolique de cette substance, la blanchissent instantanément. Cette couleur jaune paraît donc assez fugace et indépendante de la matière principale.

Les acides concentrés ne détruisent pas ce corps; ils le dissolvent à l'aide d'une douce chaleur et le laissent cristalliser. Si on étend la solution d'eau, elle paraît incolore comme celle éthérée, et les longs prismes se forment avec une blancheur éclatante.

La potasse, la soude, l'ammoniaque et tous les alcalis dissolvent avec une extrême facilité ce corps nouveau; la combinaison potassique est très-soluble. Sous l'influence de ces alcalis, la couleur jaune dont j'ai déjà parlé s'exalte au plus haut degré, à tel point qu'elle passe presque au rouge. Un acide versé dans le sel alcalin précipite la matière avec toutes ses propriétés primitives.

Toutes ces propriétés rapprochent beaucoup cette sub-

stance des acides, d'autant plus que sa réaction sur les teintures végétales est acide ; en effet le papier de tournesol et celui de violettes sont rougis par ce corps comme le ferait un acide faible.

Les sels de fer et de cuivre sont précipités, le premier en jaune rougeâtre et le second en vert tendre ; ceux de manganèse, de chaux, de mercure, d'or, de plomb, ne bougent pas par cet acide nouveau.

La quantité que j'avais de cette substance acide était de $0^g,515$, quantité trop petite pour l'examiner convenablement et en faire l'analyse élémentaire ; toutefois j'ai été curieux de voir dans quel rapport pouvaient être les élémens ; mais n'ayant pu faire qu'une seule analyse, je ne la donne pas comme étant à l'abri de toute erreur, d'autant plus que la matière est azotée, et que dans ce cas les difficultés d'analyse sont extraordinairement plus grandes ; toutefois j'ai été assez heureux pour avoir obtenu du gaz sans mélange de gaz nitreux, circonstance assez difficile à rencontrer comme l'on sait. D'après mes résultats, l'acide que je viens de décrire se composerait de

		Atomes.	Analyse calculée.
Carbone...	49,76	18	49,63
Azote	9,50	3	9,57
Hydrogène .	4,78	21	4,72
Oxigène ...	35,96	10	36,06

Si véritablement j'ai été assez heureux pour avoir rencontré les proportions réelles de cet acide, quelques phénomènes de réaction qu'il nous a présentés s'expliqueraient maintenant, car on peut considérer ce corps comme une combinaison de 3 atomes d'ammoniaque et

de 3 atomes d'acide succinique, dont la formule serait $Az^3\ H^9 + C^{12}\ H^{12}\ O^9$, ou mieux, $3\ Az\ H^3 + 3\ C^4\ H^4\ O^3$, et d'une matière organique qui aurait pour formule $C^6\ O^1$. C'est probablement là cette matière jaune fugace qui disparaît dans l'éther et les acides, et qui s'exalte sous l'influence des alcalis. C'est sans doute aussi à la présence du bi-succinate d'ammoniaque, que la formule représente, que l'acide nouveau agit si sensiblement sur les sels de fer.

Mais, je le répète, rien n'est plus problématique que cette hypothèse, puisque je n'ai pu répéter une analyse qui réclame d'ailleurs tant de soins ; mais me proposant de préparer de nouvelles quantités de méconine, je serai le premier, j'espère, à détruire ou à assurer ces spéculations théoriques par de nouvelles expériences faites avec soin et plusieurs fois répétées sur des quantités qui me permettront de dévoiler la vérité. J'attendrai également mes nouvelles recherches pour désigner par un nom particulier cet acide qui me paraît nouveau.

Produit cristallin obtenu par la réaction du chlore sur la méconine.

On a vu qu'en faisant passer un courant de chlore sec sur la méconine fondue, on a obtenu une masse cristalline d'un jaune rougeâtre, et que nous avons trouvé être composée de 25,75 de chlore et de 74,25 de matière organique ; c'est ce composé et son radical qui va faire le sujet de ce court paragraphe.

Ce corps cristallin est presque insoluble dans l'eau bouillante, peu soluble dans l'éther sulfurique ; l'alcool

à 36° et bouillant le dissout assez difficilement; cependant une fois la solution opérée, elle ne cristallise que par l'évaporation du liquide et non par son refroidissement; il faut donc attribuer l'action lente du dissolvant à l'état d'aggrégation dans lequel se trouve le chlorure. La solution alcoolique abandonnée à elle-même laisse déposer des cristaux grenus sans forme déterminable, même au moyen du meilleur microscope. Les cristaux ramassés avec soin et pesés représentent, à quelques millièmes près, la quantité de chlorure dissous qui était de 0g,330.

Le dépôt grenu que l'on obtient se trouve sali par une matière jaune qu'il est facile d'enlever par de l'alcool à 38° et froid, que l'on peut ensuite obtenir par l'évaporation spontanée du dissolvant. Cette substance jaunâtre est incristallisable, insoluble dans l'eau, soluble en toute proportion dans l'éther, poisse les doigts, et présente toutes les propriétés physiques d'une résine molle. Elle se compose d'une matière organique et de presque tout le chlore du chlorure obtenu dans la première expérience.

Les cristaux (dépouillés de ce corps résineux et peu important à connaître puisqu'il n'offre aucune forme géométrique) sont blancs, d'une saveur âcre et acide, très-peu solubles dans l'eau, solubles dans l'éther et l'alcool, entrant en fusion à 125° c., et se volatilisant entre 190, 192°, répandant, lorsqu'on les jette sur les charbons ardens, une fumée blanche sans flamme, accompagnée d'une odeur assez analogue à celle du jasmin. Ils contiennent :

Chlore.....	5,43
Matière organique..	94,57

Chauffé dans un tube éprouvette, ce composé fond, prend une couleur jaunâtre, et cristallise lorsqu'on abaisse la chaleur. Porté jusqu'à 192°, il s'élève le long de la paroi du tube et peut ainsi se distiller sous forme de liquide jaune cristallisable. Dans cette opération, il se brûle une faible portion de matière qui dégage des produits acides et dépose des traces de charbon au fond du tube qui sert à l'expérience.

Dissous dans l'alcool faible et traité par l'oxide d'argent, il abandonne son chlore; si on sépare par le filtre l'oxide d'argent et le chlorure formé, et que l'on soumette le liquide à la cristallisation, on obtient une matière blanche, nacrée, sous forme de paillettes qui se dissolvent dans l'éther, et prennent, en cristallisant dans ce liquide, la forme de prismes très-courts à 4 pans et dont la base m'a paru carrée.

Exposée à la température de 160° c., cette matière se fond et se volatilise à 165° en laissant un faible résidu de charbon. C'est là le radical du chlorure qui jouit du reste des propriétés suivantes :

Il est très-acide au papier de tournesol, précipite les sels solubles de plomb, de cuivre, ne trouble nullement les sels d'argent, de fer, de chaux et de mercure.

Les acides sulfurique, hydrochlorique, ne l'altèrent pas; l'acide nitrique le détruit, mais ne paraît pas le transformer en acide oxalique.

L'alcool et l'éther bouillant dissolvent ce corps et

le laissent précipiter par le refroidissement ou par évaporation sous la forme de petits prismes très-courts, comme je l'ai dit plus haut.

L'eau bouillante dissout également bien ce produit et le laisse cristalliser par le refroidissement sous forme de minces et longues aiguilles entièrement blanches et offrant quatre côtés au microscope.

D'après la résistance que ce corps présentait à l'action énergique des acides forts, je pensais avoir affaire à de l'acide benzoïque, malgré qu'il fut sans action sur les sels de fer; mais des expériences comparatives faites avec soin, m'obligent, malgré la répugnance que j'ai à augmenter le nombre déjà si grand des principes immédiats végétaux, à considérer ce corps comme étant un véritable acide nouveau auquel je donne le nom d'acide *méchloïque*, nom composé des deux corps qui lui ont donné naissance.

Extraction de la méconine.

La méconine est peu abondante dans l'opium. Celui qui convient le mieux pour retirer cette matière n'est point, comme on pourrait le croire, le plus beau et le plus cher; il existe dans le commerce une qualité que l'on nomme opium de Smyrne qui m'a toujours paru le plus convenable pour l'extraction de la méconine.

Quand on s'est procuré une certaine quantité de ce suc épaissi, on l'incise par petits morceaux et on le traite par l'eau froide jusqu'à ce qu'elle ne se colore plus sensiblement; on filtre les solutions et on les évapore jus-

qu'à consistance de 8° Baumé, puis on ajoute de l'ammoniaque étendue de 5 à 6 fois son poids d'eau jusqu'à cessation de précipité. Le précipité qui se forme est très-composé, comme on le sait, mais contient beaucoup de morphine et peu de narcotine; on sépare par décantation, et après un ou deux jours de repos, le dépôt qui s'est formé et que l'on traite comme il suit :

Le dépôt morphique est lavé jusqu'à ce que les dernières eaux de lavage sortent presque sans couleur, puis on les réunit aux liqueurs ammoniacales dans lesquelles s'est formé le précipité considérable de morphine, et que nous abandonnons pour le moment.

Les eaux de précipitation et de lavage étant réunies, on les évapore à une douce chaleur jusqu'à consistance de mélasse fluide, et on les abandonne dans un lieu frais pendant quinze jours ou trois semaines; pendant ce long repos, il se forme un amas de cristaux grenus dont la surface est recouverte d'une croûte souvent assez épaisse de beaux cristaux; quand on est arrivé à ce point, on décante le liquide, on jette les cristaux sur une toile afin de les égoutter, puis on les exprime à l'aide d'une presse, enfin on les expose à une douce chaleur pour les dessécher.

La masse que l'on obtient est brunâtre; souvent, et surtout lorsqu'on lui fait subir deux ou trois lavages, elle est d'une couleur fauve et laisse voir des cristaux aiguillés. Dans cet état, la masse est très-composée, et en outre de la méconine elle contient des méconates et d'autres substances que M. Pelletier a signalées dans son beau travail sur l'opium. Pour en retirer la méconine, on la traite par l'alcool à 36° et bouillant, jusqu'à ce que

ce liquide ne paraisse plus agir sensiblement sur la masse ; on réunit les liqueurs alcooliques et on les distille jusqu'à réduction d'un tiers à peu près; on verse la solution ainsi rapprochée dans un vase convenable, afin que par le refroidissement il se forme un dépôt cristallin ; on exprime les cristaux obtenus, et on concentre les eaux-mères pour les épuiser de toute cette substance cristalline.

Les cristaux que l'on obtient par ce moyen ne sont pas encore très-purs, ils contiennent des méconates, de la méconine et une grande quantité de matière colorante ; pour les purifier on les met dans un ballon de verre avec assez d'eau pour les dissoudre à chaud; à mesure que ce liquide agit, il se colore, et lorsque la masse cristalline contient de la méconine, on voit, quand l'eau est bouillante, une matière comme grasse s'attacher à la paroi du ballon. Souvent lorsque la méconine y est en grande quantité, cette matière forme un culot huileux au fond du vase; si, quand l'eau est en pleine ébullition, cette substance huileuse ne se dissolvait pas, il faudrait augmenter la quantité du dissolvant jusqu'à disparition totale de cette matière ; alors seulement on ajoute du charbon animal pour décolorer le liquide, que l'on filtre au travers du papier joseph. La solution ne passe pas entièrement incolore, mais les cristaux sont presque blancs. Quand ils sont formés, on les met à égoutter sur un linge et on concentre l'eau-mère pour avoir de nouveaux cristaux que l'on réunit aux premiers après les avoir légèrement exprimés.

Les cristaux que l'on obtient dans ces derniers traitemens ne sont pas homogènes ; ils contiennent souvent,

et presque toujours, des méconates mélangés de méconine; d'autres fois contiennent cette dernière substance unie à la narcéine, et quelquefois enfin ces trois corps à la fois. J'ai remarqué que quand les méconates abondaient dans la masse, on y trouvait excessivement peu de méconine, et que très-souvent, dans ce cas, celle-ci échappait à l'observateur, au point que l'on pourrait presque soupçonner que la méconine se forme au détriment de l'acide méconique. Mais l'acide méconique étant bien connu, il n'est pas probable qu'une telle métamorphose existe. Dans tous les cas, il faut faire subir une purification à ces cristaux afin de les isoler les uns des autres; pour cela il suffit de traiter le produit obtenu par l'éther sulfurique et bouillant, de filtrer et d'abandonner la solution éthérée à l'évaporation spontanée; l'éther ne dissout absolument que la méconine et la laisse évaporer par refroidissement et évaporation. Il est inutile d'attendre l'entière disparition de l'éther pour ramasser les cristaux, car la méconine offre cela d'assez remarquable que, n'importe dans quel dissolvant elle se trouve, quand elle commence à cristalliser elle se précipite presque toute entière, de manière qu'il en reste peu dans le liquide.

A ce point on peut regarder la méconine comme parfaitement pure; elle présente tous les caractères assignés plus haut et ne peut se confondre avec la matière que l'éther a refusé de dissoudre, et qu'il suffit de reprendre par l'eau ou par l'alcool pour reconnaître la matière que M. Pelletier a fait connaître sous le nom de narcéine.

La méconine ne se trouve pas toujours toute entière dans les eaux ammoniacales qui ont fourni la morphine;

elle se trouve très-souvent précipitée en même temps que celle-ci, et lorsqu'on n'a pas le soin de laver longuement cette morphine, elle y reste et l'accompagne dans tous les traitemens qu'on lui fait subir ; c'est même là dans ce produit précieux que j'ai fait la première fois la découverte de la méconine.

Lors donc que l'on suppose ces deux corps réunis, on peut les séparer avec la plus grande facilité sans interrompre la marche à suivre pour l'obtention de la morphine. En effet, on traite le précipité brut morphique par l'alcool à 36° et bouillant, jusqu'à ce qu'il refuse d'agir sur le marc, puis on le met à cristalliser ; la morphine cristallise seule accompagnée d'un peu de narcotine, et la méconine reste dans les eaux-mères ; on distille ces eaux jusqu'à réduction de moitié pour en séparer encore beaucoup de morphine que l'on peut réunir à la première ; dans cette seconde cristallisation, la morphine, sans être parfaitement blanche, ne retient rien de cette couleur noirâtre et grasse que possède l'alcool qui la baigne. On concentre de nouveau l'alcool-mère qui s'affaiblit de plus en plus, et on l'abandonne à une troisième cristallisation ; mais cette fois on met à part les cristaux très-bruns que l'on obtient pour les réunir à ceux qui se produisent dans la quatrième cristallisation, si on juge convenable d'aller jusque-là, puis on traite par l'éther ; ce liquide dissout la méconine et la narcotine, que l'on peut obtenir par l'évaporation de celui-ci. Le produit, comme on doit le prévoir, est très-coloré et demande une purification nouvelle, ce qui se fait avec la plus grande facilité en traitant le tout par l'eau bouillante et passant la solution au charbon animal ; ce

liquide ne dissout que la méconine avec un peu de matière colorante, et ne touche pas à la narcotine. Par l'évaporation du liquide on obtient la méconine, qu'il suffit de traiter une seconde fois par l'éther pour l'avoir parfaitement pure et cristalline.

Dans ce paragraphe j'ai supposé traiter une certaine quantité d'opium, au moins 12 liv., et j'ai décrit le procédé que l'on peut suivre en fabrique, car cette substance est si rare qu'on la chercherait en vain dans quelques onces d'opium; je dis qu'elle est rare parce que toujours j'en ai obtenu fort peu; mais cela tient à la masse considérable de matière extractiforme qui se trouve dans l'opium et qui l'enveloppe opiniâtrement, car il est probable qu'elle y existe en plus grande quantité.

La moyenne à peu près de toutes les expériences que j'ai faites pour recueillir cette matière est de $0^g,500$ par kilo d'opium; l'on conçoit maintenant combien il est facile de perdre cette quantité, pour peu que l'on apporte de négligence dans le procédé et dans les soins. C'est aussi cette difficulté d'obtenir cette matière qui m'a fait entrer dans les détails les plus minutieux qui auront peut-être fatigué le lecteur, mais qui lui seront, je crois, d'une grande utilité quand il voudra obtenir la méconine.

Sur *un nouveau Sulfate de Cuivre natif*;

Par M. P. Berthier.

Ce minerai vient du Mexique, mais j'ignore de quelle localité; on dit qu'il s'y trouve en très-grandes masses et que l'exploitation en est très-facile et peu dispendieuse. Un négociant anglais a obtenu de le transporter et de le fondre dans le pays de Galles, mais à la condition expresse d'exporter le cuivre qu'il en extrait. Ce négociant a l'intention de le traiter désormais en France en s'établissant sur un des points de la côte où il pourra se procurer le combustible au meilleur compte.

Le minerai du Mexique a pour gangue une roche quarzeuse blanche grenue, à très-petits grains, qui paraît appartenir à un grès. Cette gangue est pénétrée d'oxidule de cuivre lamellaire rouge et d'une autre matière cuivreuse couleur de vert-de-gris. L'oxidule est en veinules ou en petits amas. La matière verte est grenue, matte, presque terreuse, tantôt d'un vert clair comme le carbonate, tantôt d'un vert grisâtre; le plus souvent elle sert de pâte à la roche, mais elle se présente aussi en petits amas et en petits grains. On peut enrichir beaucoup le minerai par le lavage en ne perdant que peu de cuivre, et l'on pourrait en séparer de l'oxidule pur par ce moyen. Il perd par une forte calcination 0,10 de son poids. Il se fond aisément avec trois parties de flux noir et produit 0,36 de cuivre rouge très-pur.

Par voie humide il donne :

0,406 de cuivre métallique
et 0,406 de gangue quarzeuse.

L'analyse d'un échantillon très-riche et qui ne contenait que des traces d'oxidule a donné :

Deutoxide de cuivre...	0,459
Acide sulfurique.....	0,115
Eau.....	0,121
Gangue quarzeuse....	0,305
	1,000

Ou en faisant abstraction de la gangue :

Deutoxide de cuivre...	0,662
Acide sulfurique.....	0,166
Eau.....	0,172
	1,000

Il est évident d'après cela que la matière verte est le sous-sulfate hydreux $Cu^4\ Su^3 + 4\ Aq$, qui est composé de :

Deutoxide de cuivre.	0,6790	4 at.
Acide sulfurique...	0,1707	1
Eau.....	0,1503	4
	1,0000	

Elle constitue une espèce nouvelle qui se rapproche de la *brochantite*, sulfate double de cuivre et de zinc, analysé par M. Magnus, et qui n'en diffère qu'en ce qu'elle contient 4 at. d'eau au lieu de 3 at.

Le sous-sulfate de cuivre du Mexique se dissout promp-

tement et sans effervescence dans l'acide muriatique à froid, et sans que l'oxidule soit attaqué; il se dissout lentement dans l'ammoniaque, mais rapidement dans le carbonate d'ammoniaque. La chaleur accélère beaucoup sa dissolution; à la température rouge il perd toute son eau et même une petite partie de son acide : un fort coup de feu en expulse complètement celui-ci, et alors le minerai s'agglomère.

Sur *la Préparation de la Zircône et du Titane*;

Par M. P. Berthier.

Les combinaisons naturelles desquelles nous pouvons extraire la zircône et le titane renferment toujours une certaine quantité d'oxide de fer, et toute la difficulté de la préparation consiste à séparer jusqu'aux dernières traces de cet oxide. On a imaginé pour cela un grand nombre de procédés dont plusieurs sont efficaces; je ne les rappellerai pas ici, mais je vais en faire connaître d'autres parmi lesquels il en est un qui, je crois, deviendra usuel tant il est simple et précis. La zircône et l'oxide de titane ont une telle analogie par l'ensemble de leurs propriétés que, quant à leur préparation, ce qui réussit pour l'un est applicable à l'autre. On extrait la zircône du silicate naturel, que l'on appelle *hyacinthe* ou *zircon*, et le titane de l'oxide un peu ferrugineux qui porte le nom de *ruthite*, et quelquefois du minerai de fer titané.

Lorsque le fer se trouve dans une dissolution à l'état

de peroxide avec de la zircône ou du titane, il est précipité en même temps que ces deux bases par les alcalis et les carbonates alcalins; mais quand ce métal est au minimum d'oxidation, il constitue une base très-forte que les alcalis et leurs carbonates ne commencent à précipiter que lorsque la zircône et le titane l'ont été en totalité, et la séparation peut être très-exacte. Or, il est facile de ramener à son minimum d'oxidation le fer contenu dans une dissolution à l'état de peroxide. On peut employer pour cela l'hydrogène sulfuré ou l'acide sulfureux. Quand on se sert de l'hydrogène sulfuré, il faut l'employer en excès et ensuite se débarrasser de cet excès avant d'opérer la précipitation, sans quoi il se produirait du sulfure de fer qui serait entraîné avec le précipité; d'un autre côté il faut éviter l'accès de l'air pour qu'il ne se régénère pas de peroxide de fer. Voici comment on peut remplir ces conditions : on introduit la dissolution très-étendue d'eau dans une cornue tubulée placée sur le feu; on y fait passer un courant de gaz hydrogène sulfuré, ou bien on y verse une certaine quantité d'hydrosulfate de soude ou d'ammoniaque, puis on fait bouillir jusqu'à ce que tout l'hydrogène sulfuré ait été expulsé, ce que l'on reconnaît à ce qu'alors la liqueur ne trouble pas les sels de plomb ou de cuivre, après quoi on précipite dans la cornue même la zircône ou le titane sans fer par le moyen du carbonate de soude ou d'ammoniaque employés goutte à goutte, et en quantité simplement suffisante; on laisse le dépôt se former, on décante à l'aide d'un siphon, on lave par décantation avec de l'eau bouillante, et l'on finit par mettre la matière sur un filtre. Au lieu d'eau pure, on peut se servir d'eau aiguisée d'acide

acétique qui ne dissout ni la zircône ni le titane, et qui dissout très-facilement au contraire le protoxide de fer qui aurait pu être entraîné. Ce procédé réussit très-bien quand on parvient à éviter la régénération du peroxide de fer pendant les lavages.

L'acide sulfureux peut exister pendant quelque temps dans une même dissolution avec du peroxide de fer, mais cette coexistence est de courte durée à froid, et si l'on chauffe, le peroxide passe presque instantanément à l'état de protoxide; l'excès d'acide sulfureux maintient le fer à cet état sans avoir d'inconvéniens; ce réactif est donc plus commode que l'hydrogène sulfuré.

Quant au titane, en mêlant à sa dissolution une dissolution de protoxide de titane pur ou contenant du fer, la totalité de ce dernier métal est ramenée au minimum d'oxidation parce que le protoxide de titane enlève de l'oxigène au peroxide de fer pour passer à l'état d'acide titanique. On peut donc après avoir fait ce mélange séparer les deux métaux comme il vient d'être dit. S'il y a excès de protoxide de titane, cet oxide se précipite avant le protoxide de fer et immédiatement après l'acide titanique; il n'a d'ailleurs qu'une existence éphémère, parce que, aussitôt qu'il est séparé de sa dissolution, il décompose l'eau et absorbe l'oxigène de l'air; aussi le voit-on perdre en quelques instans sa belle couleur bleue et devenir d'un blanc pur. Nous indiquerons tout-à-l'heure de quelle manière on se procure des dissolutions de protoxide de titane.

Lorsque l'on chauffe dans un creuset brasqué de charbon, à la température d'un essai de fer, de la zircône ou du rutile avec du carbonate de soude, tout l'oxide de fer

se réduit, et il se produit de la fonte qui reste disséminée en grenailles dans le culot. Avec la zircône, ce culot est imparfaitement fondu, poreux, grisâtre et d'apparence homogène, parce que le fer y est disséminé en particules extrêmement fines. En broyant et porphyrisant toute la masse et la traitant par l'eau régale, on dissout la presque totalité du fer sans attaquer la zircône, et il ne s'agit plus que de fondre le résidu au creuset d'argent pour séparer la silice; mais il est difficile d'enlever de cette manière jusqu'aux dernières traces de fer, parce qu'il y en a toujours quelques particules que la matière terreuse enveloppe et qui échappent à l'action dissolvante de l'acide. On réussit mieux en fondant d'abord la zircône au creuset d'argent avec 2 p. de soude et chauffant ensuite le silicate double au creuset brasqué.

Avec le ruthite et le carbonate de soude on obtient au creuset brasqué un culot cristallin noir, qui se compose d'oxide de titane bleu et d'alcali, et dans lequel le fer se trouve disséminé en grenailles plus ou moins grosses. En pilant la matière et la passant à travers un tamis fin, on sépare les grenailles les plus grosses; on enlève ensuite presque tout le reste à l'aide du barreau aimanté, mais il y en a toujours une petite quantité qui reste adhérente à l'oxide. En traitant celui-ci par l'acide muriatique concentré, tout le fer se dissout avec une certaine quantité de protoxide de titane, et l'on a une dissolution rouge de vin qui peut servir à ramener le fer au minimum d'oxidation dans une autre opération. Quant à la partie non attaquée par l'acide muriatique, on la traite par l'acide sulfurique concentré et bouillant qui finit par la dissoudre, et en évaporant la dissolution et calcinant

le résidu, on a de l'acide titanique pur ou qui ne retient que des traces de fer.

Il est facile de changer en sulfure par la voie sèche l'oxide de fer combiné à la zircône dans les hyacinthes, et à l'acide titanique dans le ruthite, en même temps que l'on rend ces substances attaquables par les acides. Quand cette transformation est opérée, il est facile d'effectuer la séparation du fer. On met une p. d'hyacinthe ou de ruthite bien porphyrisée avec 1 à 2 p. de carbonate de soude et $\frac{1}{2}$ à 1 p. de fleurs de soufre; on introduit le mélange à petites doses et à mesure qu'il s'affaisse dans un creuset brasqué, chauffé à la chaleur de 50 à 60° pyrométriques seulement, et l'on maintient la matière en fusion pâteuse pendant quelque temps. On obtient avec les hyacinthes un culot caverneux, un peu cristallisé, grisâtre, de couleur de chair, qui devient verdâtre dans l'eau, et avec le ruthite un culot compacte, d'un beau noir et luisant comme du jayet, dans lequel le titane est, du moins pour la plus grande partie, à l'état d'oxide bleu. On pulvérise ces culots, on les délaye dans une grande quantité d'eau bouillie et on décante; les liqueurs sont verdâtres et tiennent en dissolution du sulfure de sodium et une quantité notable de sulfure de fer. On traite le résidu que laissent les hyacinthes, par une petite quantité d'acide muriatique qui dissout tout le fer avec un peu de zircône, et on n'a plus à séparer de la partie non dissoute que la silice de la zircône. La dissolution muriatique contenant le fer au minimum d'oxidation, il est aisé d'en précipiter toute la zircône à l'état de pureté au moyen d'un carbonate employé sans excès. Quant au résidu que laisse le ruthite, on le traite à froid par l'acide sul-

furique, tout le fer se dissout avec une certaine quantité de protoxide de titane, et on les précipite successivement comme il a été dit; ensuite on fait chauffer le résidu à une douce chaleur avec de l'acide sulfurique concentré, et l'on obtient une dissolution de protoxide de titane qui souvent est tout-à-fait pure, ou qui du moins ne renferme que très-peu de fer; enfin en grillant la partie non dissoute pour brûler les particules de charbon dont elle peut être mélangée, on a de l'oxide de titane parfaitement blanc et pur de fer. Ce mode de préparation réussit mieux en commençant par fondre la zircône ou le ruthite au creuset d'argent avec la soude, et fondant de nouveau la matière broyée avec du soufre dans un creuset brasqué.

Quoique les procédés de préparation que je viens de décrire puissent réussir quand on les exécute avec quelque soin, celui que je vais faire connaître est infiniment préférable, et c'est le seul que j'emploie depuis quelque temps. On commence par rendre les hyacinthes attaquables par les acides; pour cela on fond les hyacinthes avec 3 p. de soude caustique au creuset d'argent, ou avec 3 p. de carbonate de soude au creuset de platine, en ayant soin d'éviter la potasse, qui forme avec la zircône des sels doubles difficiles à décomposer. Quant au ruthite, on le fond au creuset d'argent avec 2 p. de soude ou de potasse indifféremment, ou au creuset brasqué avec 2 p. de carbonate de l'un de ces alcalis; on délaye la matière dans une très-grande quantité d'eau froide, on laisse reposer et on lave par décantation : de cette manière on se débarrasse d'une très-grande quantité d'alcali, et pour les hyacinthes, de la majeure partie de la

silice. Il est très-essentiel d'opérer à froid, parce que si l'on chauffait, la matière lavée ne serait plus qu'incomplètement soluble dans les acides et produirait des liqueurs qu'il serait impossible d'obtenir limpides et de filtrer. On fait digérer le résidu du lavage dans de l'acide muriatique de force moyenne, à froid; on étend d'eau, et ordinairement tout se dissout; on rapproche la liqueur pour en séparer la silice, et l'on a enfin en dissolution la zircône ou le titane avec le fer. Les dissolutions étant très-étendues, on les sature de gaz hydrogène sulfuré, et s'il s'y forme un précipité, ce qui arrive quelquefois parce que les alcalis caustiques peuvent contenir un peu d'argent ou de cuivre, et qu'il peut y avoir un peu d'argent dans les minerais, on le sépare par la filtration. Ensuite en versant dans les liqueurs de l'ammoniaque en excès, on en précipite la zircône et le titane mêlés avec le fer à l'état de sulfure qui les colore en noir. Les choses étant en cet état, on laisse le dépôt se tasser et l'on décante la liqueur surnageante qui contient de l'hydrosulfate d'ammoniaque en grande quantité; puis on la remplace immédiatement par de l'acide sulfureux liquide employé en proportion suffisante pour qu'il conserve son odeur. Tout le sulfure de fer se dissout immédiatement en donnant naissance à de l'hyposulfite, et la zircône ou l'oxide de titane deviennent d'un blanc parfait; on les lave, et en les faisant dessécher spontanément, ils se contractent considérablement, et on les a à l'état d'hydrates. Ces hydrates sont en morceaux luisans et demi-transparens; on les broye aisément, mais quand on les calcine ils laissent des oxides qui sont fort durs. Lors donc que l'on veut avoir ceux-ci en poudre,

il convient de phorphyriser les hydrates avant de les soumettre à l'action de la chaleur. L'acide sulfureux ne dissout pas la plus petite trace de titane; employé en grand excès il dissout une certaine quantité de zircône; mais en faisant bouillir la liqueur filtrée jusqu'à ce qu'elle ait perdu toute son acidité, la totalité de cette terre se précipite sans entraîner de fer avec elle. On voit d'après cela que non-seulement l'acide sulfureux, qu'il est si facile de se procurer en abondance et pour ainsi instantanément au moyen du peroxide de manganèse et du soufre, est un réactif très-commode pour précipiter la zircône et le titane, mais qu'il peut aussi servir pour séparer analytiquement le fer de ces substances.

Le fer n'est pas le seul métal que l'acide sulfureux dissolve quand il est à l'état de sulfure humide. La plupart des métaux qui décomposent l'eau, le manganèse, le zinc, le cobalt et le nickel sont dans le même cas. L'urane, après avoir été précipité d'une dissolution par un hydrosulfate, se dissout immédiatement à froid dans l'acide sulfureux; la liqueur est jaune; elle laisse déposer la plus grande partie de l'urane par l'ébullition, mais elle reste toujours colorée. L'antimoine, l'étain, le plomb, le cuivre et l'argent, à l'état de sulfure, sont au contraire tout-à-fait insolubles dans l'acide sulfureux. Ces faits donnant lieu de penser que cet acide pourra devenir un agent précieux pour la docimasie, j'ai examiné son action sur quelques bases. On sait qu'il dissout tous les oxides de manganèse avec une grande facilité; il dissout aussi le peroxide de cérium, du moins à l'état d'hydrate; en le ramenant, comme les oxides de manganèse, au minimum d'oxidation, la dissolution est in-

colore, et elle laisse déposer une grande quantité de cérium, mais non pas la totalité, par l'ébullition. L'hydrate de peroxide de fer humide se dissout à froid dans l'acide sulfureux et donne une liqueur rouge qui se décolore peu à peu spontanément et ne contient plus que du protoxide au bout d'un certain temps. Cette transformation a lieu très-rapidement avec le secours de la chaleur. Les hydrates de fer desséché ou natif ne se dissolvent à froid qu'en petite quantité dans l'acide sulfureux, mais à l'aide de la chaleur cet acide en dissout une assez grande proportion en ramenant le fer à son minimum d'oxidation. J'ai essayé, d'après ces données, de séparer le fer de la zircône et du titane en faisant bouillir les précipités ferrugineux humides avec de l'acide sulfureux en excès et fréquemment renouvelé, mais je n'ai pas pu réussir de cette manière. Si la proportion du fer est grande, il s'en dissout à la vérité beaucoup, mais l'affinité de la zircône et du titane pour ce métal est telle qu'ils en retiennent toujours une quantité suffisante pour les colorer très-sensiblement.

L'hydrate de chrome humide se dissout dans l'acide sulfureux employé en grand excès, mais il se précipite en totalité par l'ébullition; les liqueurs sont vertes, et elles ne sont troublées à froid ni par l'ammoniaque, ni par les carbonates alcalins, ni par le prussiate de potasse, mais à la chaleur de l'ébullition la précipitation est complète. Les dissolutions sulfureuses saturées d'ammoniaque ont une teinte vineuse analogue à celle de l'acétate de chrome, mais très-pâle.

On peut séparer le fer du chrome par le moyen de l'acide sulfureux, comme on le sépare de la zircône et

du titane. Ces deux métaux se dissolvent dans l'acide, mais en faisant bouillir, tout le chrome se précipite, et le fer reste dans la liqueur. Il faut éviter le contact de l'air, sans quoi il se formerait du peroxide de fer qui, vers la fin, se déposerait avec le chrome.

On sait que les bases fortes forment avec l'acide sulfureux des sels permanens et la plupart solubles; l'hydrate de glucyne se dissout très-bien aussi dans cet acide et la liqueur ne se trouble pas par l'ébullition; l'hydrate d'alumine ne s'y dissout au contraire qu'à la faveur d'un grand excès d'acide, et la portion dissoute se dépose en totalité quand on chasse cet acide par l'ébullition. On peut séparer très-directement ces deux terres l'une de l'autre par ce moyen.

On a vu qu'en chauffant à la simple chaleur blanche de l'oxide de titane avec un carbonate alcalin et du soufre dans un creuset brasqué, on obtient une masse noire dans laquelle le titane est combiné à l'alcali et en partie à l'état de protoxide. A une température plus élevée, le même mélange donne un produit différent; l'acide titanique se trouve changé totalement partie en protoxide et partie en sulfure, et le culot compacte et bien fondu présente l'aspect d'une matière noire au milieu de laquelle on aperçoit une multitude de paillettes métalliques d'un jaune de bronze, et quelquefois fort larges. Ces paillettes sont du sulfure de titane pur. Pour les extraire du culot, on concasse grossièrement celui-ci, et on le met à digérer dans une grande masse où il donne lieu immédiatement au dégagement d'une petite quantité d'hydrogène sulfuré, et peu à peu il se réduit en une boue noirâtre; on décante le liquide qui contient du sulfure de

sodium et du sulfure de fer, si l'oxide employé n'était pas pur, mais qui ne renferme pas la plus petite quantité de sulfure de titane; puis on traite le résidu à froid par de l'acide sulfurique concentré qui dissout beaucoup de protoxide de titane, et on lave le sulfure qui reste à grande eau. Ce sulfure est en paillettes micacées d'un beau jaune de laiton; il arrive souvent qu'il se trouve mélangé de grains noirs de protoxide de titane : dans ce cas, s'il est très-impur, on le fond de nouveau avec du carbonate de soude et du soufre, et s'il n'est que peu mélangé, on le soumet à un lavage à l'augette à main, et comme il est plus léger que l'oxide, l'eau l'entraîne pour la plus grande partie avant celui-ci. Quand on traite l'oxide de titane pour le changer en sulfure, on conçoit qu'il convient d'employer une grande proportion de matière sulfurante. L'expérience a appris que pour 1 partie d'oxide de titane, il faut au moins 1 partie de carbonate de soude anhydre et 1 partie de soufre. On facilite la réduction de l'oxide en le mélangeant avec $\frac{1}{5}$ de son poids de charbon de bois en poudre, mais cette addition n'est pas indispensable, parce que le charbon de la brasque contribue à opérer cette réduction par voie de cémentation. Comme le mélange est très-volumineux, on a soin de le tasser fortement avec un pilon, et on le recouvre d'une couche de brasque d'environ un centimètre d'épaisseur avant de fixer le couvercle du creuset.

Le mélange qui à la chaleur blanche donne du protoxide de titane, et du sulfure de titane à une température plus élevée, fournit encore un autre produit lorsqu'on l'expose pendant une heure ou deux à la chaleur d'un fourneau qui puisse servir à faire les essais de fer,

et capable par conséquent de faire marquer 140 à 150° au pyromètre de Wodvood, ce produit est du titane métallique d'un très-beau rouge de cuivre et cristallisé en grains cubiques semblables à ceux que l'on trouve dans le creuset d'un grand nombre de hauts fourneaux, mais beaucoup plus petits. On peut extraire le titane métallique de la masse de titanite de soude fondu, dans lequel il se trouve disséminé avec du sulfure de titane, de la même manière que ce dernier ; mais il n'y a aucun moyen chimique de séparer le sulfure et le métal l'un de l'autre. Lorsque le métal domine dans le mélange, en lavant celui-ci à l'augette à main avec grande attention, on se débarrasse assez aisément du sulfure, et on se procure ainsi du titane parfaitement pur ; mais quand le sulfure est en grande proportion, cette séparation devient très-difficile, et il vaut mieux fondre le mélange, comme l'oxide de titane, au creuset brasqué avec du carbonate de soude et du soufre à la plus forte chaleur d'un fourneau d'essai, pour convertir la plus grande partie du sulfure en métal. Il ne paraît pas possible, quoi qu'on fasse, d'opérer une réduction complète soit de l'oxide, soit du sulfure ; seulement on remarque qu'il se produit d'autant plus de titane métallique que l'on chauffe plus fortement et pendant plus long-temps. Ainsi à la simple chaleur blanche, l'acide titanique mêlé de sulfure alcalin ne donne au contact du charbon que du titanate et du titanite ; mais à une température plus élevée, le persulfure alcalin réagit sur le titanite, et il se forme du sulfure de titane ; puis à une chaleur très-forte, quand le persulfure alcalin a perdu tout son excès de soufre, il en enlève au sulfure de titane, et une partie

de ce métal, devenu libre, se sépare comme dans les hauts fourneaux sous forme de petits grains cubiques.

L'oxide de titane noir qui se forme par la voie sèche au contact du charbon, est improprement qualifié du nom de protoxide; il est analogue aux oxides bleus de tungstène et de molybdène, car comme il ne contient pas moins d'oxigène que l'acide titanique, puisque lorsqu'on le prépare en chauffant à la plus haute température possible de l'acide titanique dans un creuset brasqué, la perte n'est que 0,05 à 0,06, on doit le considérer comme un composé de cet acide avec un protoxide inconnu. L'oxide noir de titane colore le verre en rouge améthiste bleuâtre; il donne avec les acides forts des dissolutions qui ont une couleur de vin; l'ammoniaque le précipite de ces dissolutions à l'état d'hydrate gélatineux et d'un bleu très-beau et très-intense; mais cet hydrate décompose l'eau à la température ordinaire, et il est si avide d'oxigène et si peu permanent qu'il suffit de le mettre sur un filtre pour qu'il perde sa couleur et devienne blanc en se changeant en acide titanique. C'est un désoxidant très-puissant; il ramène le peroxide de fer à l'état de protoxide, etc.; il est insoluble dans l'acide acétique.

Quand on chauffe à une très-haute température de l'acide titanique pur ou mélangé avec une substance vitrifiable, la masse se change en oxide noir, mais elle est enduite à la surface d'une pellicule d'un rouge de cuivre qui a tous les caractères du titane métallique. On pouvait espérer d'après cela qu'en mélangeant intimement de l'acide titanique porphyrisé avec une proportion suffisante de charbon en poudre, on parviendrait à en opé-

rer la réduction complète et à se procurer le titane métallique ; mais il n'en est pas ainsi. J'ai fait l'expérience en employant des proportions variées de charbon et en pesant le culot, j'ai reconnu que la perte était toujours très-éloignée d'équivaloir à la quantité d'oxigène contenu dans l'acide titanique. Avec 0,12 de charbon cette perte est telle qu'elle équivaut à 0,13 d'oxigène au plus si l'on suppose qu'il se dégage de l'oxide de carbone, et à 0,16 s'il se dégage de l'acide carbonique ; le culot est grenu, très-faiblement aggloméré, couleur tabac d'Espagne, et il a un éclat sensiblement métallique. Avec 0,24 de charbon, la perte en oxigène est un peu plus grande, mais elle atteint rarement 0,20, et le culot que l'on obtient est noir parce qu'il y reste une grande quantité de charbon. Il se pourrait que le produit de ces expériences fut un protoxide contenant moitié moins d'oxigène que l'acide titanique, et dont les grains seraient enveloppés d'une légère pellicule métallique ; peut-être aussi l'éclat métallique appartient-il à cette substance. Alors on serait tenté de soupçonner que l'oxide natif qui se présente sous forme d'aiguilles rouges ou couleur de paille, et douées de l'éclat métallique, tel que celui que l'on rencontre à Moutiers en Tarentaise et ailleurs, est un protoxide identique avec celui dont il vient d'être question.

Sur *la Jusée et l'Écorce de chêne. — Existence de la Pectine dans l'Écorce des arbres;*

Par M. Henri Braconnot,
Correspondant de l'Institut.

Un tanneur m'ayant invité à examiner comparativement l'extrait de tan et la jusée, c'est-à-dire la liqueur acide employée au gonflement des peaux, laquelle résulte, comme on le sait, de la macération dans l'eau de l'écorce de chêne déjà épuisée par le tannage, je me suis d'autant plus volontiers prêté à ses vues que la composition de la jusée et de l'écorce de chêne n'est point connue.

De la jusée.

Cette liqueur brune a quelquefois une saveur aussi acide que du vinaigre; mais telle qu'elle m'a été remise elle n'avait pas ce degré de force; en effet, à la distillation elle n'a fourni qu'une petite quantité d'acide acétique ayant une odeur de tannerie. La jusée concentrée par l'évaporation laisse un résidu syrupeux, lequel abandonné pendant quelques jours à lui-même se prend en une masse de cristaux d'un sel calcaire, étranger à l'écorce de chêne, et qui constitue la majeure partie des matières fixes contenues dans la jusée. Ce sel a été séparé de la masse cristalline en l'exprimant fortement dans un linge; il en est sorti un liquide brun qui a encore fourni de nouveaux cristaux. Purifié convenablement, il de-

vient très-blanc opaque, et ne contient point d'acétate de chaux. Sa saveur est peu prononcée. Il cristallise en masses grenues caverneuses ou en grains de choufleur qui sont souvent hérissés d'aiguilles très-déliées. Exposé à la chaleur il se liquéfie et exige environ vingt-une parties d'eau froide pour se dissoudre. Sa dissolution n'est nullement précipitée par le sous-acétate de plomb.

Afin d'isoler l'acide, le sel a été redissous dans l'eau et on l'a décomposé en y versant avec précaution de l'acide oxalique. La liqueur filtrée a fourni par l'évaporation une masse cristalline, que je supposais être l'acide que je désirais obtenir; l'ayant délayé avec de l'alcool, ce liquide s'est chargé d'un acide très-aigre et a laissé un sel formé par la combinaison du même acide avec la magnésie, moins soluble que celui qu'il donne avec la chaux, et ne se liquéfiant point comme lui à la chaleur. L'acide obtenu par l'évaporation de l'alcool est fixe, incolore, visqueux et incristallisable. Uni à la potasse, à la soude ou à l'ammoniaque, il donne des combinaisons déliquescentes incristallisables, lors même qu'elles contiennent un excès d'acide; il en est de même avec les oxides de baryum, de strontium, de plomb, d'aluminium; mais avec ceux de manganèse, de cobalt, de nickel, de mercure, d'argent, de cuivre et de fer, il produit des sels qui cristallisent avec la plus grande facilité. Celui qu'il forme avec l'oxide de zinc exige au moins cinquante parties d'eau froide pour se dissoudre.

D'après les principales propriétés de cet acide, il est évident qu'il est le même que celui que j'ai fait connaître il y a environ 19 ans sous le nom d'acide nancéique. Pour l'extraire facilement de la jusée, il ne s'agit que

de la clarifier avec du blanc d'œuf afin d'en séparer les impuretés et la plus grande partie du tannin, puis d'évaporer la liqueur en consistance de syrop épais; elle se consolide en une masse de cristaux, et après quelques jours, on la soumet dans une toile à l'action graduelle d'une presse. On liquéfie à l'aide de la chaleur et d'un peu d'eau les cristaux bruns ainsi obtenus, et après la cristallisation complète, on exprime de nouveau la masse. On recommence cette manœuvre jusqu'à ce que le sel de chaux et de magnésie soit presque décoloré; alors, après l'avoir fait redissoudre dans l'eau chaude, on y délaye un peu d'hydrate d'alumine, puis ensuite du noir animal. La liqueur chaude jetée sur un filtre passe limpide et incolore comme de l'eau pure. Il ne s'agit plus que d'en séparer la magnésie par l'hydrate de chaux pour obtenir par l'évaporation le sel très-pur à base de chaux, duquel on dégage l'acide par le moyen de l'acide oxalique.

Ainsi obtenu, si on l'expose en consistance de syrop à une température un peu supérieure à celle de l'eau bouillante, il commence à se décomposer et répand des vapeurs piquantes qui excitent la toux.

Je n'ai point fait de nouvelles recherches sur cet acide, seulement j'ai jugé convenable d'examiner de nouveau le produit de sa distillation, que j'avais cru n'être que de l'acide acétique, parce qu'alors j'avais opéré sur une trop petite quantité. Ce produit consiste en une huile empyreumatique brune, et en un liquide acide incristallisable, lequel saturé par la chaux, évaporé ensuite, légèrement torréfié, puis redissous dans l'eau et traité par le noir animal, a fourni des cristaux d'un sel

calcaire, dont la solution n'est point troublée par le sous-acétate de plomb. Décomposé par l'acide sulfurique, il a donné un acide fixe incristallisable qui ne paraît point être de l'acide nancéique, puisque le sel qu'il forme avec l'oxide de zinc, au lieu d'être peu soluble, est visqueux. Il donne aussi un sel incristallisable avec la baryte; mais sa combinaison avec la magnésie cristallise facilement. Je n'ai pas poussé plus loin l'examen de cet acide; j'ai seulement voulu m'assurer qu'il n'est point du vinaigre.

Examen du liquide syrupeux incristallisable de la jusée.

Ce liquide retenait encore une portion des mêmes sels terreux dont nous venons de parler. Etendu avec un peu d'eau, la liqueur se trouble et il se forme un dépôt, lequel, délayé avec de l'eau alcalisée par l'ammoniaque, s'y dissout en partie en laissant du phosphate de chaux, de la chaux, de l'oxide de fer et de manganèse unis à une matière organique. Si, après avoir filtré la liqueur ammoniacale brune, on y verse un acide, il se forme un précipité brun qui m'a paru être la substance que M. Berzelius appelle apothême.

Lorsqu'on verse une base alcaline, de l'ammoniaque par exemple, dans le liquide syrupeux incristallisable, préalablement étendu d'eau et filtré, les sels de chaux qui y sont retenus sont décomposés sans doute par l'intermédiaire de la matière tannante. Voilà pourquoi on n'obtiendrait point de cristaux de la jusée si, dans l'in-

tention d'en séparer le tannin, on y ajoutait de l'hydrate de chaux ou toute autre base salifiable.

Indépendamment du nancéate de chaux et de magnésie, le liquide syrupeux incristallisable renferme aussi du nancéate de potasse et d'ammoniaque, ainsi que de l'acétate de chaux et de magnésie enveloppés par une matière extractiforme d'apparence gommeuse. Afin d'isoler celle-ci du liquide syrupeux, on l'a agité avec un peu d'hydrate de chaux délayé dans l'eau, et à l'aide de la chaleur il s'est dégagé de l'ammoniaque; on a précipité la chaux de la liqueur filtrée par l'acide oxalique; concentrée ensuite par l'évaporation, l'alcool en a précipité une matière brunâtre peu sapide, inaltérable à l'air. Redissoute dans l'eau, le sulfate de fer peroxidé, l'infusion de galle, le nitrate d'argent et l'acétate de plomb n'y produisent aucun changement; mais le sous-acétate de plomb y forme un précipité gélatineux abondant. La solution aqueuse de cette matière étant mêlée à la potasse, lorsqu'on a ensuite ajouté au mélange de l'acide nitrique, n'a point donné naissance à de l'acide pectique, d'où il suit qu'elle ne contient point de pectine. Traitée par l'acide nitrique, elle n'a donné qu'une faible quantité d'acide oxalique. Au reste cette matière n'était point encore pure puisqu'elle retenait de la potasse et une quantité notable de manganèse; aussi après sa combustion elle a laissé un résidu alcalin fondu, lequel redissous dans l'eau lui a communiqué une belle couleur verte.

Je crois pouvoir conclure des essais que j'ai faits sur la jusée, qu'elle contient :

1° Du nancéate de chaux en assez grande quantité;

2° Du nancéate de magnésie, de potasse, d'ammoniaque et probablement de manganèse et de fer ;

3° De l'acétate de chaux ;

4° De la matière tannante ;

5° De l'apothême ;

6° Une matière d'apparence gommeuse ;

7° De l'acide acétique libre.

De l'écorce de chêne.

Cette écorce n'a été examinée que dans le but d'évaluer sa matière tannante. Suivant M. Berzelius, elle ne paraît fournir essentiellement à l'eau que de l'acide gallique et du tannin.

Si dans la décoction de cette écorce entière et desséchée on verse un léger excès de potasse, elle conserve sa limpidité et ne fournit aucun dépôt. L'acide nitrique affaibli ne trouble point non plus sa transparence ; mais si, après l'avoir alcalisée avec de la potasse, on y verse ensuite de l'acide nitrique, il se dépose une gelée abondante qui n'est autre chose que de l'acide pectique, d'où il résulte que l'écorce de chêne contient une quantité notable de pectine.

Si au lieu d'acide nitrique on ajoute de l'acide acétique à la même décoction rendue alcaline par un alcali fixe, il se dépose pareillement une gelée ; mais celle-ci après avoir été lavée finit par se redissoudre entièrement en donnant un liquide mucilagineux rougissant le tournesol, et laissant après sa combustion un résidu alcalin (1).

(1) Si dans cette circonstance l'acide acétique précipite l'a-

L'ammoniaque ne précipite point la décoction d'écorce de chêne, même en versant dans le mélange de l'acide nitrique; afin d'obtenir la pectine de la décoction d'écorce de chêne, on a rapproché celle-ci en consistance syrupeuse et on l'a délayée avec environ son volume d'alcool, qui a séparé une matière gélatineuse abondante. Cette matière, lavée sur un linge avec de l'alcool jusqu'à ce que le liquide cesse de se colorer, a été ensuite desséchée. Mise en contact avec de l'eau elle s'y est dissoute, à l'exception d'un sédiment formé de tannate de chaux

---

cide pectique, on doit attribuer cet effet à la présence de quelques matières étrangères, car je me suis assuré que les pectates alcalins ne sont point décomposés par la plupart des acides végétaux quand ceux-ci sont dans leur état de pureté. Ainsi, lorsqu'on ajoute un excès d'acide acétique, citrique, malique, gallique, ou de l'infusion de galle, à une dissolution de pectate acide d'ammoniaque, elle conserve toute sa fluidité sans donner aucun dépôt; mais une petite quantité d'eau de chaux, d'un sel terreux ou d'un acide minéral ajouté au mélange, le coagule entièrement en une masse de gelée transparente. J'ajouterai d'ailleurs que l'acide pectique nouvellement précipité n'est point sensiblement plus soluble dans les acides végétaux que dans l'eau pure.

J'ai retrouvé la pectine en plus ou moins grande quantité dans les écorces fraîches d'arbres que j'ai examinés; telles sont celles de l'acer pseudoplatanus, du cytisus laburnum, du fagus sylvatica, du populus alba, de l'ilex aquifolium, du gymnocladus canadensis, qui contient une quantité remarquable de saponine, du liquidambar styraciflua et du cornus mascula, qui fournissent une si grande quantité de tannin qu'il est surprenant qu'on ne les utilise pas dans la teinture en noir ou pour la fabrication de l'encre.

La pectine m'a paru exister en plus grande abondance dans

et de magnésie. La liqueur filtrée a laissé après son évaporation à siccité une substance parfaitement transparente, inaltérable à l'air, très-fragile, presque insipide, et facilement soluble dans l'eau froide. Elle ressemble à de la gomme sans avoir ses propriétés collantes, car elle se détache entièrement d'elle-même du vase évaporatoire en larges feuillets à la manière des pectates alcalins. Afin de m'assurer que la pectine de l'écorce de chêne ne retient point de gomme, on a ajouté à sa solution de l'hydrate de chaux, et on a exposé le mélange à une douce chaleur pour transformer toute la pectine en

---

les écorces qui contiennent de la matière tannante, comme celle des pins, des sapins, et probablement dans tous les arbres de la famille des conifères.

Je dois cependant convenir qu'il m'a été impossible de constater la présence de la pectine ou de l'acide pectique dans le suc exprimé des racines de carottes et de betteraves, quoique suivant l'explication que M. Payen a donnée des procédés de fabrication du sucre de betteraves, la formation du pectate de chaux joue, d'après lui, un rôle important. J'ai d'ailleurs reconnu depuis long-temps que le dépôt formé pendant la défécation du jus de betteraves par la chaux, n'est que le résultat de la combinaison de cette base avec une matière albuminoïde analogue à celle que j'ai trouvée dans le topinambour, mais que l'on ne doit pas confondre avec l'albumine végétale ordinaire parce qu'elle a des propriétés différentes. Si, après avoir séparé cette matière du jus de betterave par l'acide nitrique, on sature ensuite la liqueur par un excès de potasse, l'acide nitrique ne formera plus de précipité. Au surplus, je ne pense pas que l'on puisse élever des doutes sur la présence de l'acide pectique libre dans le marc de la betterave, car en mêlant celui-ci en digestion avec de l'eau alcalisée par de l'ammoniaque, la liqueur sera abondamment coagulée en gelée transparente par les acides minéraux.

pectate de chaux ; mais la liqueur filtrée était incolore comme de l'eau et ne retenait que de la chaux. Je pourrais me dispenser de dire qu'en ajoutant de l'ammoniaque à la solution de cette matière, puis de l'acide nitrique, il ne se forme aucun dépôt, tandis que si au lieu d'ammoniaque on emploie la potasse, toute la matière se transforme en acide pectique.

La pectine de l'écorce de chêne m'a paru identique avec celle qui produit la gelée de groseille. Quoique la première se dissolve beaucoup plus facilement dans l'eau froide que celles que l'on obtient de la plupart des fruits, elle n'est pas non plus tout-à-fait exempte d'impuretés, car bien qu'elle soit d'une saveur fade, le sulfate de fer peroxidé y forme un précipité gélatineux bleuâtre, quoique la colle animale ne la trouble nullement. Elle contient aussi à ce qu'il paraît un acide végétal uni à la potasse, à la chaux et au manganèse ; en effet, après sa combustion, elle laisse du caméléon minéral, lequel colore l'eau en un beau vert d'émeraude passant au rouge vif avec l'acide hydrochlorique.

Il ne paraît pas que la pectine serve au tannage, car elle reste dans la décoction d'écorce de chêne précipitée par la colle animale, et comme on ne la retrouve plus dans la jusée, il est hors de doute qu'elle se convertit spontanément en acide pectique, puisqu'en effet M. Berzelius a observé cet acide gélatineux à l'extérieur d'un morceau de cuir en tannage.

J'aurai peu de chose à dire sur la portion de l'extrait d'écorce de chêne soluble dans l'alcool et qui constitue essentiellement le tannin ; seulement j'ai cru devoir y rechercher la présence du sucre dont j'avais reconnu les

indices dans la noix de galle. Il m'a été facile de le séparer de la matière tannante par le moyen de l'hydrate d'alumine, d'étain, de magnésie ou de chaux.

Ce sucre de l'écorce de chêne, traité par le noir animal, est presque incolore, ne noircit point les sels de fer et a une saveur franche; mais il a refusé de cristalliser.

Je reviens à la portion de l'extrait d'écorce de chêne soluble dans l'alcool, contenant le tannin.

Elle m'a paru insoluble dans l'éther; elle renferme en combinaison de la potasse, de la chaux, de la magnésie et de l'oxide de fer et de manganèse; mais du reste, je dois avouer que j'ignore sa véritable constitution. A la distillation, elle fournit de l'acide pyrogallique de même que les tannins les plus purs qu'on soit parvenu à se procurer; elle paraît donc contenir de l'acide gallique uni à une ou plusieurs matières qui me semblent encore inconnues. J'ai essayé, mais sans succès, d'en séparer par la magnésie la substance que j'avais désignée sous le nom de corticine ou l'apothême de M. Berzelius; au surplus cet extrait ne trouble point sensiblement l'eau, même par des dissolutions et des évaporations réitérées, tandis que le tannin de la noix de galle, traité de la même manière, est totalement converti en apothême.

Nancy, le 28 août 1832.

Sur *l'Inflammation de la Fraxinelle* (dictamus alba).

Par M. Biot.

Parmi les phénomènes physiques qui s'opèrent pendant la vie des végétaux, phénomènes qui pourraient devenir un sujet d'études extrêmement curieuses, il en est peu dont l'énoncé paraisse plus merveilleux que celui qui est généralement attribué à la fraxinelle, d'être environnée, dans les jours chauds, d'une sorte d'atmosphère éthérée, que l'on peut mettre en ignition par l'approche d'une bougie sans endommager la plante. Un tel phénomène, en effet, semblait exiger que la vapeur inflammable fût comme retenue dans son expansion par l'action de la vie, ou bien que son émission continuellement renouvelée l'entretînt toujours dense autour de la plante à mesure qu'elle tendrait à se répandre dans l'air extérieur, deux états de choses également difficiles à concevoir physiquement.

Un fait aussi singulier n'est pourtant connu des botanistes que d'une manière générale, sans l'avoir observé eux-mêmes, et on n'en trouve quelques détails précis que dans le *Dictionnaire d'Histoire naturelle* de Déterville, où Bosc s'exprime ainsi : « Les extrémités des « tiges et les pétales des fleurs de la fraxinelle sont cou- « verts d'une infinité de vésicules pleines d'huile essen- « tielle. Elles répandent *dans les jours chauds de l'été* « une vapeur d'une odeur forte, inflammable, et telle-

« ment abondante, que si, vers le soir, quand un air « plus frais l'a un peu plus condensée, on approche de la « fraxinelle une bougie allumée, il paraît tout-à-coup « une grande lumière qui se répand sur toute cette « plante, mais sans l'endommager. »

Le hasard m'ayant procuré l'occasion de voir ces phénomènes d'inflammation de la fraxinelle, je me proposai d'en étudier la cause et les conditions physiques.

Supposant d'abord, d'après les auteurs, la réalité d'une émanation éthérée qui entoure la plante, je fis dans ce but diverses expériences, mais aucune n'eût de succès.

Je me tournai alors vers l'examen des vésicules corticaux, d'où l'on disait que la prétendue atmosphère inflammable émanait. Ces vésicules, observés au microscope, ont la forme de petites outres, terminées par une sorte de goulot conique effilé en pointe à son extrémité. Ils ont été très-exactement figurés par M. Mirbel dans ses *Elémens d'anatomie et de physiologie végétales*. On les trouve distribués plus ou moins abondamment sur toutes les parties de la tige, depuis le point où elle sort de la masse du feuillage; on les voit en plus grande abondance sur les pédoncules des fleurs, principalement sur leur surface inférieure, à l'extrémité où la fleur s'insère; on les suit encore sur les bords des folioles calicinales, sur les bords et les nervures des pétales, sur les étamines, sur le style; enfin leurs grains, plus serrés, couvrent aussi toutes les surfaces des ovaires, lorsqu'ils sont grossis par la fécondation. Parmi ces utricules, les uns sont sessiles, d'autres pédiculés, ceux-ci diversement et plus fréquemment sur les parties les plus vigoureuses.

D'abord très-petits à la naissance de la végétation, ils grossissent à mesure que la plante grandit. Leur surface, vue au microscope avec une lumière vive, se montre admirablement tigrée de rouge et de vert, dans la variété à fleur rouge; mais elle est toute verte dans la variété à fleur blanche. L'intérieur est rempli d'un liquide incolore, à travers lequel la lumière se réfracte en foyer. J'ai vu souvent à l'extrémité de cette pointe une petite goutte limpide comme si une partie du liquide intérieur, dilaté par l'élévation de la température, ou sécrété par l'action de la vie, eût reflué au dehors.

Ces observations me conduisirent à penser que le développement de la flamme autour de la plante pouvait parfaitement être produit par l'inflammation simultanée, ou presque instantanément propagée, de ces innombrables utricules remplis d'essence. Dans cette supposition, la chaleur de l'été n'était plus nécessaire pour la production actuelle du phénomène, mais seulement pour la maturation du liquide inflammable contenu dans les utricules; une fois les utricules formés et mûris, le froid ou le chaud du moment n'y devait plus rien faire, non plus que l'époque de la journée. L'ignition devait s'opérer seulement au contact du corps enflammé, ou du moins près du contact, pour faire crever les utricules. Enfin elle devait s'accomplir avec les caractères de succion et de propagation convenables à de petits globules juxta-posés, remplis d'un liquide inflammable, non pas avec la simultanéité instantanée d'un volume de gaz. C'est en effet à cette manière d'envisager le phénomène que conduisent toutes les épreuves que j'ai faites, mais dont je me bornerai à citer quelques-unes.

Le 26 avril 1830, j'essayai de porter la flamme d'une allumette sur le pédoncule d'une grappe florale de la variété rouge, qui m'avait paru déjà chargé d'un certain nombre d'utricules bien gonflés. Je n'obtins pas d'inflammation contiuue, mais de simples crépitations locales, comme celles que produisent les jets d'essence quand on presse une écorce d'orange près de la flamme d'une bougie. Le reste de la plante, où les utricules étaient plus faibles et plus rares, n'offrit pas même ce phénomène. Je répétai l'épreuve l'année suivante, à pareille époque : même résultat. Dans les parties où les crépitations s'étaient opérées, les utricules parurent oblitérés et noircis.

Au 15 mai 1830, plusieurs tiges florales avaient acquis leur entier développement; les utricules étaient considérablement grossis et serrés sur leur surface. Le temps fut pendant toute la journée froid et sec; le soir la température étant à 9°,5, je répétai l'essai de l'inflammation. Elle réussit quand la flamme fut portée sous les pédoncules de quelques fleurs développées ou seulement entr'ouvertes, surtout près de la naissance de ces fleurs, où toujours les utricules sont plus abondans. L'inflammation, quoique manifeste, n'était pas assez évidente pour sauter spontanément de la base d'une fleur à la base d'une autre; il fallait la déterminer successivement en chaque point, ce que je faisais assez légèrement pour ne pas détériorer les tiges. Parmi celles qui présentèrent ainsi le phénomène, il y en avait que j'avais vainement essayées le 26 avril précédent; d'autres, dont les utricules actuellement enflammés furent détruits, purent encore une semaine plus tard éprouver l'ignition de nou

veau, sans doute par d'autres utricules parvenus à maturation depuis l'essai précédent. Dans cette troisième épreuve du 22 mai, le développement de la plante étant plus avancé, l'inflammation s'opéra avec vivacité sur toutes ses tiges.

J'ai maintes fois, depuis, constaté cette répétition du phénomène sur une même tige florale, à des époques diverses et successives de son existence; et, plus exercé à en ménager la source, j'ai pu le reproduire cette année sept ou huit fois à un degré sensible, sur la même tige, en choisissant successivement ses diverses parties pour leur appliquer l'inflammation. Il n'est nullement nécessaire que l'expérience soit faite particulièrement le soir, pas plus qu'à toute autre heure. Enfin l'inflammation se propage toujours facilement de bas en haut sur toute une grappe florale, mais beaucoup moins facilement de haut en bas; elle peut aussi avoir lieu sur les pédoncules du centre sans se manifester sur tous les pédoncules latéraux, quoiqu'ils soient dans un état propre à recevoir l'inflammation en approchant séparément la flamme de leur surface. Cette possibilité de succession et d'isolement dans le phénomène de l'ignition se comprend très-bien pour un système de globules séparément distribués sur toutes les parties de la plante, mais elle ne saurait exister pour une masse continue de vapeur inflammable telle que celle dont on supposait que la fraxinelle était entourée.

Les phénomènes que je viens de décrire se produisent sur les deux variétés de la fraxinelle, soit à fleurs rouges soit à fleurs blanches, moins facilement toutefois et

moins abondamment sur cette dernière, dont les utricules semblent plus minces et plus rares.

On sait que la température extérieure, en modifiant les phases de la maturation, influe considérablement sur la quantité absolue d'huile essentielle que produit un même végétal. La constitution froide de cette année semble avoir agi aussi sur le phénomène que je viens de décrire; les utricules de la fraxinelle sont moins gros et leur inflammation semble moins abondante que dans quelques-unes des années qui ont précédé.

(*Abrégé des Annales du Muséum*, t. 1, p. 273.)

De *l'Action de l'Acide hyponitrique sur les Huiles, et des produits qui en résultent;*

Première thèse soutenue devant la Faculté des Sciences, Académie de Paris, pour obtenir le grade de docteur, le 9 août 1832,

Par Félix Boudet.

(Extrait communiqué par l'auteur.)

On rencontre souvent dans le commerce, de l'huile d'olives falsifiée par l'huile de pavots; plusieurs caractères ont été indiqués pour reconnaître cette fraude, mais c'est surtout à M. Poutet, pharmacien de Marseille, et à M. Rousseau que l'on doit les procédés les plus exacts pour découvrir ces mélanges et en apprécier les proportions. Ce dernier comparant les huiles d'olives et de graines sous le rapport de leur inégale conductibi-

lité électrique, a imaginé son diagomètre qui aurait complètement résolu le problême s'il eût été un instrument plus simple et plus facile à manier.

Le procédé chimique proposé par M. Poutet, moins précis dans ses indications, est à la portée de tout le monde, mais il ne permet guère d'apprécier dans l'huile d'olives moins d'un dixième d'huile étrangère, et laisse ainsi beaucoup à désirer encore. D'ailleurs M. Poutet s'est borné à signaler le fait de la solidification de l'huile d'olives sous l'influence du nitrate acide de mercure, mais il ne s'est occupé ni d'en rechercher l'agent spécial ni de reconnaître les nouvelles propriétés que développait dans l'huile d'olives cette singulière métamorphose. J'ai repris ce sujet au point où il l'avait laissé, et ce sont les résultats auxquels je suis parvenu que j'ai cru devoir exposer dans cette thèse.

Examen du réactif de M. Poutet.

D'après M. Poutet, l'influence que son réactif exerce sur l'huile d'olives, devrait appartenir exclusivement au deuto-nitrate de mercure qu'il renferme; nous allons reconnaître cependant que les proto et deuto-nitrates de mercure qui forment la plus grande partie de ce réactif sont étrangers à la solidification de l'huile d'olives, et que ce phénomène doit être attribué tout entier au nitrite de mercure qui existe toujours dans le nitrate acide préparé à froid.

L'analyse m'ayant démontré que ce composé était formé de proto et deuto-nitrate et de nitrite de mercure dissous dans un excès d'acide, j'ai successivement sou-

mis l'huile d'olives à l'action de l'oxide de mercure, de l'acide nitrique, des proto et deuto-nitrates de mercure, et j'ai vu non sans surprise qu'aucun de ces agens ne déterminait la solidification qu'il est si facile de produire avec la liqueur d'épreuve de M. Poutet. Il ne me restait plus qu'à essayer le nitrite de mercure, lorsqu'il me vint à l'esprit que l'oxide de mercure isolé ou combiné à l'acide nitrique n'ayant point part à la réaction dont je cherchais la cause, il était probable que cette cause se trouvait tout entière dans l'acide nitreux ou dans l'acide hyponitrique auquel il peut donner naissance en se séparant de l'oxide au sein de l'acide nitrique.

Je fis donc passer sous une cloche pleine de mercure une certaine quantité d'huile d'olives, puis 200 volumes de deutoxide d'azote et 100 volumes d'oxigène; à mesure que ce dernier gaz, arrivant au contact du deutoxide, se transformait en acide hyponitrique, celui-ci était à l'instant absorbé par l'huile, et à peine tout l'oxigène était introduit, que déjà les deux gaz avaient disparu et qu'il ne restait plus dans la cloche que le mercure, et l'huile échauffée et rendue verdâtre par l'acide hyponitrique qu'elle avait absorbé. Sa consistance d'ailleurs n'avait nullement changé, mais bientôt elle se troubla, et au bout de deux heures environ elle était devenue solide et tout-à-fait semblable au produit de la réaction du nitrate acide de mercure sur l'huile d'olives pure.

Cette expérience, répétée avec l'acide hyponitrique liquide obtenu par la distillation du nitrate du plomb, me réussit également, de sorte qu'il ne me resta plus aucun doute sur l'influence exclusive de l'acide hy-

ponitrique (1) sur le phénomène curieux observé par M. Poutet.

De la réaction de l'acide hyponitrique sur l'huile d'olives.

Ce fait établi, il m'était permis, pour simplifier mes recherches, de dégager l'acide hyponitrique des accessoires inutiles qui l'accompagnent dans le réactif de M. Poutet, et de réduire le problême à l'examen des modifications réciproques de cet acide et de l'huile d'olives pendant leur contact.

Et d'abord il était intéressant, avec ce nouveau réactif réduit à sa plus simple expression, de reconnaître dans quelle proportion il doit être employé pour déterminer la transformation la plus complète de l'huile d'olives.

La volatilité de l'acide hyponitrique pur ne m'aurait pas permis d'arriver à un dosage exact; mais en le mélangeant avec trois parties d'acide nitrique à 38°, j'ai réussi à lui donner plus de fixité et à faire sans peine les essais que je vais décrire.

La température étant de 16° centigrades, j'ai pesé dans six petits cols droits égaux 100 grains d'huile d'olives, puis j'ai ajouté dans chacun une proportion différente du réactif dont je viens d'indiquer la composition.

---

(1) *Nota.* J'attribue ici ce phénomène à l'acide hyponitrique; cependant si l'on regarde cet acide comme un mélange des acides nitrique et nitreux, on peut supposer que c'est ce dernier seul qui détermine la solidification de l'huile d'olives.

Je fis en même temps le mélange dans tous les flacons, et je les abandonnai à eux-mêmes, en agitant toutefois de temps à autre.

Voulant mesurer l'influence de la quantité du réactif sur la rapidité de la transformation de l'huile, j'observai le moment où chacun des mélanges cessa d'être fluide, c'est-à-dire de rester immobile dans le flacon lorsque je le renversais. Lorsqu'on a soin de ne plus agiter l'huile, dès qu'on la voit se troubler, il est facile d'apprécier ce moment à une minute près environ; ce qui permet une exactitude dont il serait impossible d'approcher en s'arrêtant à tout autre point de vue.

Le tableau suivant indique les proportions relatives d'huile d'olives et d'acide hyponitrique que j'ai mélangées dans chaque flacon, et le temps qui a été nécessaire pour solidifier ces divers mélanges.

HUILE D'OLIVES.	ACIDE HYPONITRIQUE.	TEMPS NÉCESSAIRE à la solidification.
100 grains.	$\frac{1}{33}$	70 minutes.
Id.	$\frac{1}{50}$	78 *Id.*
Id.	$\frac{1}{75}$	84 *Id.*
Id.	$\frac{1}{100}$	130 *Id.*
Id.	$\frac{1}{200}$	435 ou 7 heures $\frac{1}{4}$.
Id.	$\frac{1}{400}$	Action nulle.

On voit ainsi qu'un *demi-centième* d'acide hyponitrique suffit pour solidifier l'huile d'olives. Le phénomène se produit beaucoup plus lentement, il est vrai, qu'avec une dose plus forte, mais la consistance devient à peu

près la même ; et ce qu'il y a de remarquable, c'est que le temps employé pour opérer cette solidification, avec un demi-centième d'acide hyponitrique, est précisément égal à celui qu'exigeraient huit centièmes du réactif de M. Poutet pour produire le même résultat. Il semble qu'on puisse en conclure que ce réactif contient un seizième de son poids d'acide hyponitrique. D'ailleurs, quelle que soit l'origine des huiles d'olives que l'on examine, pourvu qu'elles soient pures, lorsqu'on les traite dans les mêmes circonstances par des doses égales de mon réactif, elles se comportent de la même manière et ne présentent pas de différences sensibles dans les temps nécessaires à leur solidification.

Si au lieu de se borner à traiter l'huile d'olives par quelques centièmes d'acide hyponitrique, on la mélange avec le quart de son poids de ce réactif, en ayant soin de l'ajouter par petites portions, de nouveaux phénomènes se produisent ; il se dégage beaucoup de chaleur, l'huile est soulevée par une assez vive effervescence et devient verte et visqueuse au lieu de prendre une consistance solide. Dans cet état, vient-on à la mélanger avec cinq ou six fois son poids d'huile d'olives, elle agit sur elle comme l'acide hyponitrique lui-même, et la solidifie.

Il me semble résulter de toutes les observations précédentes, que l'acide hyponitrique employé dans certaines proportions exerce sur l'huile d'olives une action constante, et qu'il suffit d'une partie de cet agent énergique pour en transformer 200 parties en un corps gras solide, mais auquel on n'a pas reconnu jusqu'ici d'autre caractère que sa solidité.

Cette propriété remarquable de l'huile d'olives la distinguerait entièrement des autres huiles, si aucune ne la partageait avec elle, mais l'analogie de composition et de caractère qu'elle présente avec plusieurs autres huiles végétales ne me permettait pas de supposer qu'elle eût seule le privilége d'éprouver, sous l'influence de l'acide hyponitrique, une modification si complète; aussi dès le début de mes recherches, j'ai examiné plusieurs autres huiles sous ce point de vue, et il m'a été facile de reconnaître que les huiles d'amandes douces et amères, de noisettes, de noix d'acajou, de ricin et de colza, possédaient, comme l'huile d'olives, la faculté singulière d'être transformées en graisses solides par le nitrate acide de mercure et l'acide hyponitrique.

J'ai cru devoir réunir dans un tableau comparatif les temps nécessaires à la solidification de chacune des huiles que je viens de citer.

A la température de 17°, 12 grains d'un mélange d'acide nitrique et d'acide hyponitrique, représentant 3 grains d'acide hyponitrique anhydre, ont été mêlés avec 100 grains de chacune des huiles suivantes :

NOMS DES HUILES.	Couleurs qu'elles prennent immédiatement après leur mélange avec le réactif.	Nombre de minutes écoulées avant leur solidification.	Rapport des nombres de minutes, celui de l'huile d'olives étant pris pour 10.
Huile d'olives.	Vert bleuâtre.	73′	10,0
— d'amandes douces.	Blanc sale. . .	160	22,2
— d'amandes amères.	Vert foncé . .	160	22,2
— de noisettes. . . .	Vert bleuâtre.	103	14,0
— de noix d'acajou .	Jaune soufre .	43	6,0
— de ricin.	Jaune doré . .	603	82,6
— de colza	Jaune brun. .	2400	328,0

On voit à l'inspection de ce tableau que la comparaison des temps nécessaires à la solidification de chacune des huiles qu'il renferme établit positivement l'identité des huiles d'amandes douces et d'amandes amères, et distingue au contraire les autres entre elles par des différences très-remarquables.

Les huiles de lin, de chènevis, de noix, de pavots, de faîne, traitées chacune par $\frac{1}{50}$ de leur poids d'acide hyponitrique, n'ont pas changé de consistance, et n'ont éprouvé de modification apparente que dans leurs couleurs.

L'huile de pavots est devenue légèrement jaune, celles de faîne et de noix ont pris une teinte rose caractéristique. Au bout de quelques jours la plupart contenaient un peu de dépôt. Plus tard enfin toutes ces huiles présentaient une couleur analogue à celle de la teinture d'iode, les huiles de pavots et de faîne se distinguaient des autres par une nuance moins foncée.

Il résulte de cet exposé que, si on n'a pas remarqué jusqu'ici dans les huiles d'autres différences essentielles que celles qui les ont fait classer en huiles siccatives et huiles non siccatives, aujourd'hui on peut les distinguer entre elles par un autre trait de caractère fondé sur leurs rapports avec l'acide hyponitrique, et les partager en huiles solidifiables et en huiles non solidifiables sous l'influence de ce réactif (1).

Vient-on ensuite à comparer cette nouvelle classifica-

---

(1) La stéarine et l'oléine de porc éprouvent aussi des modifications analogues sous l'influence du même réactif. Toutes deux acquièrent une grande consistance, et se transforment par la

tion à la première, on s'aperçoit bientôt qu'en exceptant l'huile de ricin, que ses propriétés singulières autorisent à mettre hors de ligne, ces deux classifications se correspondent, et que les huiles *non siccatives* sont en même temps *solidifiables*, tandis que les huiles *siccatives* résistent à l'action de l'acide hyponitrique.

Ainsi ces deux propriétés concourent à faire ressortir de profondes différences entre les huiles, et à montrer combien est vague et superficiel le système qui les présente comme ne se distinguant entre elles que par les proportions variables d'oléine et de stéarine qui les constituent.

En outre, à moins d'exceptions peu probables à la relation que je viens de reconnaître entre les propriétés siccatives ou non siccatives des huiles et les modifications que l'acide hyponitrique leur fait éprouver, cette relation paraît assez bien établie pour qu'il suffise à l'avenir de savoir qu'une huile est ou non siccative pour être assuré en même temps qu'elle est ou n'est pas solidifiable par l'acide hyponitrique, et réciproquement.

D'ailleurs ce réactif remarquable n'est pas seulement utile pour distinguer entre elles les huiles siccatives et les huiles non siccatives; il peut encore, avec plus d'avantage que le nitrate acide de mercure, être employé pour reconnaître les proportions relatives d'un mélange de deux huiles de nature différente, et particulièrement de l'huile d'olives et de l'huile de pavots.

---

saponification en une matière grasse, acide, fusible de 57 à 58 degrés centigrades, mais dont je n'ai pas encore étudié complètement les propriétés.

M. Poutet, dans les épreuves auxquelles il soumet l'huile d'olives pour y reconnaître la présence des huiles de graines, se borne à l'examen de la densité qu'elle présente avec l'action de son réactif; aussi ne peut-il guère y distinguer moins d'un dixième d'huile de pavots. En m'attachant à une considération d'un autre genre, j'ai pu, avec le même réactif, apprécier un centième d'huile de pavots.

Cependant, comme le nitrate de mercure n'est pas toujours constant dans sa composition, soit qu'il abandonne des cristaux, soit que la chaleur qui se dégage pendant la dissolution du mercure influe plus ou moins sur la quantité de nitrate qui se forme, je lui ai préféré dans mes essais l'emploi d'une dissolution en proportions déterminées d'acide hyponitrique, dans l'acide nitrique à 35 degrés.

Du reste, j'introduis les huiles dans des petits cols droits de même dimension, je les agite avec des doses égales de réactif, je note exactement le moment du mélange, et je les abandonne à elles-mêmes, en ayant soin d'observer l'instant où l'huile est assez épaissie pour que je puisse renverser le col droit sans altérer le niveau de sa surface.

En opérant de cette manière sur 100 grains d'huile d'olives, à la température de 10 degrés, avec 4 grains d'un mélange de trois parties d'acide nitrique à 35 degrés contre une partie d'acide hyponitrique, j'ai remarqué que la solidification de l'huile d'olives était retardée de 40 minutes par un centième d'huile de pavots, de 90 minutes par un vingtième, et d'un temps beaucoup plus long par un dixième.

En agissant avec des mélanges d'acide nitrique et hyponitrique en proportions différentes de celles que j'ai indiquées, et à des températures plus ou moins élevées, j'ai obtenu des résultats différens, mais toujours correspondans à ceux que je viens de citer, et souvent beaucoup plus saillans encore.

Au reste, comme il est difficile de se placer toujours exactement dans les mêmes conditions de température, il convient, lorsqu'on veut obtenir des résultats exacts à un centième près, de soumettre à l'action du réactif, en même temps que l'huile qu'on veut essayer, de l'huile d'olives pure, et même des mélanges en proportions déterminées qui, se trouvant ainsi placés dans les mêmes conditions que l'essai, peuvent lui servir de terme de comparaison.

En suivant cette marche, on arrive à des données analytiques bien plus précises et plus délicates que celles du procédé de M. Poutet, et il est facile de saisir des proportions d'huile de pavots qui lui échapperaient infailliblement.

Tels sont les phénomènes que présentent les corps gras que j'ai observés dans les circonstances diverses où je les ai soumis à l'influence de l'acide hyponitrique. Tous indiquent entre ces corps des différences plus essentielles qu'on ne les avait supposées jusqu'ici, et la véritable métamorphose que plusieurs subissent manifeste les modifications que l'acide hyponitrique produit dans leur constitution chimique.

Ces transformations de quelques huiles en graisses solides, à peine remarquées jusqu'ici, ne paraissent avoir encore excité l'intérêt d'aucun chimiste; mais la con-

naissance des réactions qui les produisent me les ont fait voir sous un jour plus favorable, et j'ai dû chercher à en approfondir la nature.

J'ai étudié jusqu'ici les huiles solidifiées d'olives, d'amandes douces (1), de noisettes, de noix d'acajou et de ricin : les quatre premières m'ayant offert des propriétés et des produits analogues, j'en vais tracer une histoire commune; l'huile de ricin, au contraire, étant restée après sa transformation aussi distincte des autres huiles qu'elle l'était déjà auparavant, j'en ferai l'objet d'un chapitre spécial.

Des huiles solidifiées d'olives, d'amandes douces, de noisettes et de noix d'acajou.

Ces huiles solides sont blanches ou jaunâtres, suivant qu'elles sont le produit de l'acide hyponitrique ou du nitrate de mercure. Dans les deux cas leur odeur est celle de la pommade citrine, et au bout de quelques jours leur surface présente une sorte d'efflorescence d'une blancheur parfaite et beaucoup plus légère que la masse. L'alcool à 36° les dissout en très-petite quantité, mais leur enlève facilement la matière jaune qui les colore. Elles n'altèrent pas le papier bleu de tournesol, lorsqu'elles se sont formées sous l'influence de l'acide hyponitrique; mais lorsqu'elles résultent de l'action du nitrate de mercure sur les huiles dont elles dérivent, elles

(1) L'huile d'amandes amères étant identique avec celle d'amandes douces, je n'ai pas cru devoir en faire un examen particulier.

sont légèrement acides, et présentent quelques particularités dépendantes des composés qui accompagnent l'acide hyponitrique dans ce dernier réactif.

Toutes ces propriétés sont communes aux quatre espèces d'huiles dont les noms figurent en tête de ce chapitre ; quant à celles que je vais décrire, je dois avouer ici que je ne les ai constatées que dans l'huile d'olives, mais par analogie je crois pouvoir les attribuer également aux huiles d'amandes douces, de noisettes et de noix d'acajou.

Quoi qu'il en soit, l'huile d'olives solidifiée par le nitrate de mercure rougit le tournesol (1), et au bout de quelque temps sa couleur, qui d'abord était jaune, devient grisâtre. Si on la traite alors par l'éther froid, celui-ci dissout la matière grasse et met à nu le mercure métallique très-divisé, tandis que, si on fait agir le dissolvant peu de temps après la solidification de l'huile, il ne laisse pour résidu que du nitrate de mercure. Dans tous les cas, si on évapore l'éther, on obtient la matière grasse elle-même.

L'huile d'olives solidifiée, chauffée avec de l'alcool, perd sa couleur jaune et devient blanche comme l'axonge; si alors on la comprime dans du papier non collé, elle lui cède une très-petite portion de matière huileuse, et se trouve ainsi amenée à l'état de pureté. Je lui ai donné le nom d'élaïdine (de ελαις, ελαιδος, olive, olivier). Ce nom particulier sera bientôt justifié par l'exposition

---

(1) Cette observation s'explique facilement par l'action que la matière grasse exerce à la longue sur l'acide nitrique et l'oxide de mercure dont elle absorbe l'oxigène.

des propriétés qui la distinguent des autres matières grasses étudiées jusqu'ici. Je l'applique également aux huiles solides d'amandes douces, de noisettes et de noix d'acajou, et il désigne ainsi, comme celui d'oléine ou de stéarine, un genre particulier de matières grasses, tirant son nom de l'huile d'olives, qui en a fourni le premier individu.

De l'élaïdine.

L'élaïdine pure n'est colorée ni par la potasse, ni par l'ammoniaque, ni par l'hydrosulfate d'ammoniaque, ce qui prouve que la couleur développée par ces réactifs dans l'élaïdine jaune n'appartient pas à la matière grasse elle-même, mais à la matière jaune qui l'accompagne et dont l'alcool la dépouille. Elle se fond à 36 degrés centigrades, et se dissout en toute proportion dans l'éther sulfurique. Mais il n'en est pas de même de l'alcool à 0,8975 de densité bouillant, car il n'en faut pas moins de 200 parties pour dissoudre une partie d'élaïdine; par le refroidissement la dissolution se trouble sans cristalliser.

Saponification de l'élaïdine.

Si l'on traite à chaud quatre parties d'élaïdine par une partie de potasse ou de soude caustique et deux parties d'eau, la saponification s'opère avec facilité sans présenter aucun phénomène digne de remarque. Il se forme de la glycérine et une matière grasse acide qui s'unit à la potasse ou à la soude.

Le savon ainsi obtenu est soluble dans l'eau, surtout

à chaud ; mais pour peu que sa dissolution soit concentrée elle se prend en masse transparente par le refroidissement ; d'ailleurs cette dissolution aqueuse mousse par l'agitation, et si l'on y ajoute une quantité suffisante d'hydrochlorate de soude, le savon en partie décomposé se sépare tout entier du liquide et se réunit à sa surface.

L'acide hydrochlorique le décompose facilement à chaud, et met en liberté une matière grasse acide qui se présente d'abord sous forme d'une huile fluide, et se congèle par le refroidissement en une masse solide et cristalline.

Cet acide diffère de tous les acides gras connus, je l'ai désigné sous le nom d'acide *élaïdique*.

Il est également le résultat de la saponification de l'élaïdine, des huiles d'olives, d'amandes douces, de noisettes et de noix d'acajou.

Ainsi que l'élaïdine elle-même, l'acide élaïdique ne s'obtient pas immédiatement avec son point de fusion caractéristique, lorsqu'il n'est point préparé avec de l'élaïdine purifiée ; il fond ordinairement à 5 ou 6 degrés au-dessous ; mais la quantité de matière huileuse que cette légère différence y suppose est si faible que j'ai cru pouvoir la négliger sans inconvénient. Aussi me paraît-il juste dès à présent d'admettre que l'acide hyponitrique transforme les huiles d'olives, d'amandes douces, etc., en élaïdine, et que cette élaïdine elle-même, traitée par les alcalis, se décompose en glycérine et en acide élaïdique.

De l'acide élaïdique.

Cet acide, quelle que soit son origine, fond à la température de 44 degrés centigrades, et rougit fortement le papier bleu de tournesol humide. Dissous à chaud dans l'alcool, il s'en dépose par le refroidissement en petites paillettes nacrées et brillantes comme l'acide borique, et qu'il serait déjà facile de distinguer des autres acides gras solides par la facilité avec laquelle elles cristallisent et surtout par leur éclat.

L'éther sulfurique le dissout en toutes proportions lorsqu'il est fondu, et ne lui présente plus ainsi aucune résistance de cohésion. Il est également soluble en toutes proportions dans l'alcool bouillant, et même sa solubilité est telle qu'à la température de 36 degrés il suffit encore d'une partie d'alcool à 0,60 de densité ou 22° Baumé pour en tenir en dissolution cinq parties, tandis que soixante parties du même alcool peuvent à peine dissoudre une partie d'acide margarique à la température de l'ébullition.

Soumis à l'action de la chaleur, l'acide élaïdique se distille en grande partie sans être altéré; enfin, si on le calcine avec l'oxide de cuivre, il se transforme en eau et en un gaz que la potasse absorbe sans laisser de résidu.

Il sature les bases salifiables et dégage même l'acide carbonique des carbonates alcalins. Cette dernière propriété fournit un moyen très-simple de former des élaïdates atomiques, tandis que le procédé indiqué par M. Chevreul pour saturer les acides gras, et qui consiste à les traiter par les alcalis caustiques, entraîne beaucoup de longueur et de difficultés.

Des élaïdates.

Veut-on, par exemple, préparer de l'élaïdate neutre de soude, il suffit de chauffer l'acide élaïdique avec un excès de carbonate de soude dissous dans l'eau ; l'acide enlève la base au carbonate, se sature et se dissout, tandis que l'acide carbonique se dégage ou se porte sur le carbonate non décomposé pour le transformer en bi-carbonate. On évapore la dissolution à siccité, et on traite le résidu à chaud par l'alcool à 40° qui dissout l'élaïdate et n'agit ni sur le carbonate ni sur le bi-carbonate. Par le refroidissement l'élaïdate cristallise en paillettes argentées, plus légères, et surtout plus brillantes encore que l'acide élaïdique lui-même.

En adoptant ce procédé on n'a pas à craindre de laisser un excès de base dans le sel, et l'on s'épargne les nombreuses et fatigantes manipulations qui sont inévitables lorsqu'on emploie les alcalis caustiques.

L'élaïdate de soude se dissout facilement dans l'eau chaude, et par un refroidissement ménagé cristallise en aiguilles brillantes.

Si la dissolution est très-étendue d'eau, et formée par exemple de 1000 parties d'eau pour une partie d'élaïdate, la liqueur, sensiblement limpide d'abord, se trouble bientôt en devenant alcaline, présente des zônes nacrées lorsqu'on l'agite, et dépose de petites paillettes cristallines de bi-élaïdate.

L'élaïdate de potasse et celui d'ammoniaque s'obtiennent par le même moyen que celui de soude ; le premier cristallise en aiguilles légères et brillantes ; tous deux

sont solubles dans l'alcool et dans l'eau, surtout à chaud; les élaïdates insolubles se préparent facilement par double décomposition entre des dissolutions aqueuses d'élaïdate de soude et d'un sel soluble quelconque.

L'élaïdate de magnésie ne paraît pas sensiblement soluble dans l'eau, cependant il se sépare difficilement de la liqueur dans laquelle il a été formé; d'ailleurs il est très-peu soluble, même dans l'alcool à 40 degrés.

L'élaïdate de plomb est un peu plus soluble dans l'alcool que celui de magnésie, mais il est complètement insoluble dans l'eau.

L'élaïdate de mercure n'offre rien d'intéressant, si ce n'est qu'il est un peu soluble dans l'éther, et par cette propriété peut rendre raison de la présence du mercure dans la pommade citrine dissoute par l'éther.

Je n'ai pas cru devoir pousser plus loin l'étude des élaïdates, qui ne me paraissent offrir aucune spécialité remarquable; mais j'ai cherché à déterminer la capacité de saturation de l'acide élaïdique et la quantité d'eau qu'il renferme lorsqu'il est hydraté.

0gr,800 d'élaïdate d'argent sec, décomposés par l'acide nitrique, ont donné 0gr,582 d'acide élaïdique hydraté et 0gr,295 de chlorure d'argent, qui correspondent à 0gr,239 d'oxide d'argent.

Acide hydraté....	0gr,582
Oxide d'argent....	0 ,239
	0 ,821

	gram.			
Acide anhydre.	0,561	100		
Oxide d'argent.	0,239	42,60	qui représentent	2,935 d'oxigène,
	0,800			
Eau	0,021	2,63	qui représentent	2,338 d'oxigène.

Ainsi, dans les élaïdates neutres, la quantité d'acide paraît être à la quantité d'oxigène de la base, comme 100 est à 3, et à l'oxigène de l'eau, comme 100 est à 2,5.

Distillation de l'élaïdine.

L'élaïdine chauffée rapidement dans une cornue de verre entre bientôt en ébullition; une odeur vive et pénétrante se fait sentir, il se dégage des gaz, et on recueille dans le récipient un produit liquide qui forme à peu près la moitié du volume de l'élaïdine employée, et par le refroidissement se prend en masse de consistance butyreuse.

Ce produit contient de l'eau, de l'acide acétique, une huile volatile odorante, un liquide huileux empyreumatique, et se caractérise surtout par l'acide élaïdique qu'il renferme.

On sépare cet acide des autres substances qui l'accompagnent à l'aide de lavages à l'eau chaude, de la pression entre des feuilles de papier joseph et de dissolutions et de cristallisations successives dans l'alcool. Amené ainsi à l'état de pureté, il présente les mêmes propriétés que l'acide élaïdique obtenu par l'action des alcalis sur l'élaïdine.

Les derniers produits de la distillation sont assez analogues au premier; ils s'en distinguent essentiellement

cependant, parce qu'ils offrent une couleur brune plus foncée et ne contiennent plus sensiblement d'acide élaïdique; tandis que l'on y trouve au contraire un autre acide cristallisable en petites aiguilles, soluble dans l'eau dont l'acétate de plomb le précipite en blanc, et doué de tous les caractères de l'acide sébacique.

Enfin on trouve au fond de la cornue un léger résidu charbonneux.

La distillation de l'élaïdine de l'huile de noisettes m'a présenté sensiblement les mêmes phénomènes et les mêmes produits que la précédente. J'ai lieu de croire qu'il en aurait été de même si j'avais soumis à la même épreuve les élaïdines d'huiles d'amandes douces et de noix d'acajou; et que les observations que je viens de décrire, et qui toutes ont été faites sur l'élaïdine de l'huile d'olives, appartiennent également aux trois autres.

Telles sont les propriétés principales de l'élaïdine: on voit par l'histoire que je viens d'en tracer que cette matière grasse nouvelle présente beaucoup d'analogie avec la stéarine, mais qu'elle en diffère cependant par des caractères essentiels qui ne permettent pas de les confondre.

Ainsi la stéarine de l'huile d'olives, la moins fusible des stéarines végétales, se fond à 20° centigrades; l'élaïdine au contraire n'entre en fusion qu'à 36°. Toutes deux sont solubles dans l'éther et très-peu dans l'alcool; mais tandis que, sous l'influence des alcalis et de la chaleur, la première fournit de l'acide margarique fusible entre 56 et 60°, et à peine soluble dans 60 parties d'alcool à 22°, la seconde donne naissance à un acide soluble

au contraire dans un cinquième de son poids (1) du même alcool fusible à 44°, et qui se distingue par l'éclat de ses cristallisations, soit qu'on l'ait pris à l'état de la pureté, soit qu'on l'ait combiné d'abord avec la soude.

Je me borne pour le moment à énoncer les faits tels que je les ai constatés, sans les accompagner d'aucune réflexion, me réservant de revenir plus tard sur l'ensemble de ce travail pour en faire ressortir avec plus d'avantage les conséquences remarquables. D'ailleurs l'histoire de l'huile de ricin solidifiée doit jeter une lumière nouvelle sur ce sujet, je me hâte donc de l'entreprendre.

De l'huile de ricin.

Depuis les travaux de M. Braconnot, et surtout de M. Chevreul, le mémoire de MM. Bussy et Le Canu sur l'huile de ricin me paraît être l'ouvrage le plus remarquable qui ait été publié sur les corps gras. Il se distingue et par la nouveauté originale de ses résultats et par le point de vue plus large sous lequel il a fait envisager les matières grasses en général.

Avant lui il semblait que toutes ces matières n'étaient que des mélanges variés d'oléine et de stéarine et qu'elles devaient toutes se réduire à ces deux types. La découverte des propriétés singulières de l'huile de ricin est

(1) Je dois faire remarquer ici que les différences de fusibilité et de solubilité dans l'alcool qui existent entre l'acide élaïdique et l'acide margarique, sont plus tranchées que celles qui ont paru suffisantes à M. Chevreul pour établir une distinction entre ce dernier acide et l'acide stéarique.

venue mettre en défaut ce système exclusif, en signalant un corps gras qui, sous l'influence des alcalis et de la chaleur, se transforme en produits nouveaux tout-à-fait distincts de ceux de l'oléine et de la stéarine, et qui par conséquent ne renferme ni l'un ni l'autre de ces deux principes.

L'huile de ricin se distingue encore des autres huiles par sa solubilité dans l'alcool. M. Planche, qui en même temps que M. Rose a constaté cette propriété remarquable, a reconnu que l'huile de ricin d'Amérique est soluble en toutes proportions dans l'alcool à 40°, tandis que l'alcool à 36° n'en dissout que les trois cinquièmes de son poids.

Mais l'action dissolvante que l'alcool exerce sur l'huile de ricin n'est pas aussi simple qu'elle le paraît d'abord, et dans le cours de mes recherches elle m'a présenté quelques particularités curieuses, d'où il me semble résulter que l'alcool et l'huile de ricin, au lieu de s'unir en vertu d'une affinité simple comme celle qui préside d'ordinaire aux dissolutions, peuvent se combiner en plusieurs proportions définies et variables suivant le degré de l'alcool, et que cette affinité est tellement précise qu'au-delà des proportions des combinaisons, elle élimine l'alcool en excès, lui laissant seulement entraîner une très-petite quantité d'huile de ricin.

Je me propose de présenter dans un nouveau mémoire les observations qui m'ont conduit à cette conséquence, et je me hâte d'arriver à l'étude de l'huile de ricin solidifiée, ou plutôt de la *palmine*, car c'est sous ce nom dérivé de *palma christi* que je désignerai dorénavant cette matière.

Action de l'acide hyponitrique sur l'huile de ricin.

Lorsqu'on fait agir sur l'huile de ricin le nitrate acide de mercure (1) ou l'acide hyponitrique dans les mêmes proportions que j'ai indiquées pour l'huile d'olives, elle se transforme en une masse solide et d'une apparence analogue à celle de la cire. D'ailleurs, quel que soit le réactif dont on ait fait usage, la solidification de l'huile de ricin est environ huit fois plus lente que celle de l'huile d'olives placée dans les mêmes circonstances.

Après l'addition du réactif, l'huile de ricin se colore en jaune doré, et reste liquide pendant plusieurs heures et même pendant plusieurs jours, suivant la proportion de l'acide hyponitrique avec laquelle elle a été mélangée, enfin elle perd peu à peu sa transparence, et, sans cesser de rester homogène, elle s'épaissit graduellement, jusqu'à ce qu'elle soit transformée en une masse jaune, encore translucide, d'apparence cireuse et striée dans sa masse par une sorte de cristallisation informe et confuse. Cette solidification s'opère en sept heures, en vingt heures, ou en soixante et même davantage, suivant qu'on a employé $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{86}$, $\frac{1}{200}$ et même une proportion encore plus faible d'acide hyponitrique.

La proportion d'acide est-elle plus forte et s'élève-t-elle, par exemple, au tiers ou à la moitié du poids de

---

(1) Le nitrate de mercure exerce sur l'huile de ricin une réaction secondaire analogue à celle que j'ai signalée pendant son contact avec l'huile d'olives. Le mercure est réduit à l'état métallique, et une petite quantité de la matière grasse est acidifiée.

l'huile, le mélange est accompagné d'un grand dégagement de chaleur, la température s'élève à 50 ou 60°, une vive effervescence se manifeste, l'huile perd sa transparence et devient et reste visqueuse.

De la palmine.

La palmine se forme avec beaucoup de lenteur, ainsi qu'on vient de le voir; elle est colorée en jaune quand elle a été préparée avec de l'acide hyponitrique, mais cette couleur est accidentelle, et lorsqu'elle est pure elle est tout-à-fait blanche; elle présente alors une cassure cireuse, et la température de son point de fusion paraît s'élever jusqu'à 66 degrés; cependant j'en ai vu qui, fusible d'abord à 62 degrés, est devenue au bout de plusieurs mois tellement dure et cassante qu'elle se brisait entre les doigts comme du verre, et présentait une apparence tout-à-fait résineuse. Elle répand une odeur qui rappelle l'huile volatile que MM. Bussy et Le Canu ont découverte parmi les produits de la distillation de l'huile de ricin. Cette odeur devient plus sensible lorsqu'on fait bouillir de la palmine avec de l'eau, et même en opérant dans une cornue, on peut recueillir une eau distillée aromatique, mais je n'ai jamais pu en extraire par ce moyen la moindre trace apparente d'huile essentielle. Elle est très-soluble dans l'alcool et dans l'éther. A la température de 30 degrés, 100 parties d'alcool à 36° ont dissous 50 parties de palmine fusible à 62 degrés centigrades; elle est beaucoup plus soluble dans l'alcool bouillant, et par le refroidissement elle s'en dépose sous forme de petits grains opalins qui ne présentent aucune

apparence cristalline. Enfin lorsqu'elle est en fusion l'éther la dissout en toutes proportions.

Saponification de la palmine.

Si l'on traite la palmine par de l'eau de potasse concentrée et bouillante, elle répand fortement l'odeur d'huile volatile qui la caractérise et se saponifie avec facilité, mais bien plus lentement toutefois que l'huile de ricin elle-même; il se forme de la glycérine et un composé particulier analogue aux savons ordinaires et soluble dans l'alcool et dans l'eau. Sa dissolution aqueuse mousse par l'agitation, et, lorsqu'on y ajoute une quantité convenable de muriate de soude, le savon en partie décomposé se rassemble tout entier à la surface du liquide, de telle sorte que celui-ci n'est plus même troublé par l'acide hydrochlorique.

Vient-on à dissoudre ce savon à chaud dans une grande quantité d'eau et à y verser un excès d'acide hydrochlorique, il se décompose et fournit une matière grasse acide qui se prend en masse cristalline par le refroidissement, et que je désignerai dorénavant sous le nom d'*acide palmique*.

De l'acide palmique.

Cet acide, lorsqu'il est pur, fond à 50 degrés centigrades, mais il est rare de l'obtenir immédiatement dans cet état, et souvent il fond à une température inférieure. On le purifie en le comprimant entre des feuilles de papier joseph et en le faisant cristalliser dans l'alcool.

Cette dernière opération présente quelques difficultés et ne réussit bien qu'autant qu'on emploie certaines proportions d'alcool et qu'on abandonne la dissolution à une évaporation spontanée ; mais, quel que soit le degré de l'alcool dont on fait uage, pour peu que la dissolution soit éloignée de certaines conditions qu'il me serait difficile de bien assigner, la plus grande partie de l'acide se combine avec une petite quantité d'alcool et vient nager à la surface de la dissolution sous forme d'un liquide huileux qui, au bout d'un temps plus ou moins long, se prend en une masse confusément cristallisée, tandis que la dissolution inférieure, beaucoup moins chargée d'acide, cristallise elle-même plus régulièrement au-dessous.

Du reste, l'acide palmique pur cristallise en aiguilles blanches, soyeuses et rayonnées autour d'un centre commun; quelquefois cependant elles se réunissent sous forme de palmes élégamment disposées, et qui présentent une cristallisation remarquable à chaud. Cet acide est soluble en toute proportion dans l'éther et dans l'alcool concentré ; mais sa solubilité dans ce dernier décroît avec son degré aréométrique, et à la température de 50° il ne faut pas moins de 5 parties d'alcool à 22° pour en dissoudre une partie.

Il rougit fortement le papier de tournesol humide; il sature les bases salifiables, et décompose même les carbonates alcalins.

Le palmate de soude s'obtient facilement, comme l'élaïdate de la même base, en saturant l'acide palmique par le carbonate de soude ; mais sa dissolution alcooli-

que, au lieu de cristalliser, se prend en gelée par le refroidissement.

Sa dissolution aqueuse ne cristallise pas davantage; mais si on l'étend dans une très-grande quantité d'eau distillée, le palmate est décomposé, l'eau lui enlève une partie de sa base et le transforme en bi-palmate, soluble dans l'alcool et cristallisable en aiguilles soyeuses comme l'acide palmique lui-même.

Le bi-palmate exerce sur le tournesol une réaction acide, tandis que le palmate neutre ramène au bleu le papier rouge de tournesol.

Lorsqu'on chauffe l'acide palmique avec une dissolution de carbonate d'ammoniaque, une vive effervescence se manifeste, et l'on obtient du palmate d'ammoniaque; mais ce sel n'offre rien d'intéressant; je n'ai pas même réussi à le faire cristalliser.

L'acide palmique se combine facilement à la magnésie et forme un sel à réaction alcaline qui se dissout dans l'alcool, surtout à chaud, et se dépose par le refroidissement en petites plaques fusibles au-dessous de 100°.

Le même acide peut s'unir directement au protoxide de plomb et donner naissance à une combinaison soluble dans l'alcool bouillant. Par le refroidissement, la dissolution alcoolique se prend en gelée transparente; mais si on abandonne à l'évaporation spontanée une dissolution étendue de ce même sel, elle fournit des aiguilles soyeuses qui rappellent la cristallisation de l'acide palmique.

Le palmate de chaux est sensiblement soluble dans l'alcool bouillant.

Le palmate de cuivre résulte de la double décomposi-

tion du sulfate de cuivre et d'un palmate soluble; il présente une belle couleur verte; l'alcool à 40° le dissout sensiblement, mais moins que le palmate de chaux.

Par le refroidissement de la dissolution alcoolique, il se dépose en flocons légers; mais, pour peu que l'action de l'alcool bouillant soit prolongée, le sel est décomposé en acide palmique qui se dissout, et en oxide brun de cuivre qui se précipite.

Le palmate d'argent est insoluble dans l'alcool et dans l'eau, soluble, au contraire, dans l'ammoniaque, surtout à l'état d'hydrate.

C'est par l'analyse de ce dernier sel que j'ai déterminé la capacité de saturation de l'acide palmique.

0gr,800 de palmate d'argent sec décomposés par l'acide nitrique ont donné 0gr,565 d'acide palmique hydraté, et 0gr,330 de chlorure d'argent, qui représentent 0gr,266 d'oxide.

Acide hydraté..	0gr,565
Oxide d'argent..	0 ,266
	0 ,831

	gram.			
En acide anhydre.	0,534	100		
Oxide d'argent. .	0,266	49,81	qui représentent	3,432 d'oxigène,
	0,800			
Eau.	0,031	3,875	qui représentent	3,445 d'oxigène.

On voit par les données de cette analyse que dans les palmates neutres la quantité d'acide anhydre est à la quantité d'oxigène de la base, comme 100 est à 3,5. On retrouve encore le même rapport de 3,5 dans l'acide pal-

mique hydraté, entre la quantité d'acide anhydre et la proportion d'oxigène de l'eau avec laquelle il est combiné.

Distillation de l'acide palmique.

L'acide palmique, chauffé rapidement dans une cornue, entre bientôt en ébullition et répand fortement cette odeur si remarquable qui accompagne la distillation de l'huile de ricin. En même temps il se dégage en abondance des vapeurs blanches qui viennent se condenser dans le récipient en un produit de consistance butireuse. Vers la fin de l'opération, on recueille un peu d'huile empyreumatique colorée, on voit paraître des vapeurs jaunes épaisses, et il ne reste dans la cornue qu'un léger résidu de charbon.

Le premier produit de cette distillation est donc solide et représente à peu près les $\frac{9}{10}$ de l'acide soumis à la distillation. Si on le fait bouillir avec de l'eau dans une cornue, on obtient, *chose remarquable*, une certaine quantité de *cette huile volatile* dont l'odeur s'est fait sentir pendant la distillation de l'acide palmique, et que j'ai déjà eu occasion de signaler.

La matière grasse, débarrassée de l'huile volatile, se dissout complètement dans l'eau de potasse faible et dans l'alcool, mais elle est encore souillée par une petite quantité de matière huileuse. Il suffit de la comprimer graduellement entre des feuilles de papier joseph pour absorber presque toute cette huile, et on achève de la purifier en la faisant cristalliser dans l'alcool.

Elle présente alors tous les caractères et la forme cristalline de l'acide palmique pur.

Ainsi, à l'exemple de tous les acides gras connus jusqu'ici, l'acide palmique distille en grande partie sans altération, et tout porte à croire qu'il doit se produire pendant la distillation de la palmine, comme les acides margarique, oléique et élaïdique, pendant la distillation des matières neutres qui leur correspondent. Mais ici l'analogie est en défaut, et la palmine soumise à l'action de la chaleur présente des phénomènes inattendus qui la distinguent essentiellement de l'oléine, de la stéarine et de l'élaïdine.

Distillation de la palmine.

Quand on chauffe la palmine dans une cornue de verre, elle se fond bientôt, augmente de volume et entre en ébullition; il se dégage des gaz, de la vapeur d'eau, et une huile brunâtre, liquide à la température ordinaire, exhalant une forte odeur d'huile volatile et qui représente à peu près la moitié de la palmine employée. Arrivée à ce point la distillation s'arrête, le résidu non distillé se boursouffle tout-à-coup sans qu'il soit possible de s'y opposer, et remplit tout le col et la capacité de la cornue. Cette matière d'apparence résineuse offre la plus grande analogie avec celle qui se produit à la même époque et de la même manière pendant la distillation de l'huile de ricin, et qui a été décrite par MM. Bussy et Le Canu; seulement au lieu de présenter la belle couleur jaune dorée qui appartient à cette dernière, elle est d'un brun rougeâtre foncé.

Le produit de la distillation est liquide à la température ordinaire et forme environ la moitié du poids de la

palmine employée. Distillé de nouveau avec de l'eau, il fournit à peu près le tiers de son poids de l'huile volatile odorante découverte par MM. Bussy et Le Canu, et laisse pour résidu une huile fixe, très-acide, soluble en toutes proportions dans l'alcool, soluble dans l'eau de potasse faible, et, ce qui est surtout digne de remarque, liquide à la température de o.

Si on la triture à froid avec un dixième de son poids de magnésie calcinée, la combinaison s'effectue rapidement, il se dégage de la chaleur, la masse s'épaissit et devient dure, fragile et transparente. Cette combinaison magnésienne se dissout facilement dans l'alcool; cependant on peut, à l'aide de ce même alcool, la partager en deux parties dont l'une est plus soluble que l'autre.

La partie la moins soluble, décomposée par l'acide sulfurique affaibli, fournit une matière huileuse qui est encore liquide à la température ordinaire; mais quand on l'expose à la température de zéro, elle se congèle légèrement et présente un peu de matière solide, mais en si faible quantité qu'à peine forme-t-elle une fraction appréciable du poids de la palmine dont elle est le produit.

Ainsi, bien que sous l'influence des alcalis, la palmine se transforme immédiatement en acide palmique fusible à 50 degrés; bien que cet acide lui-même distille en grande partie sans altération, et que toutes les analogies s'accordent pour faire présumer sa présence parmi les produits de la distillation de la palmine, cependant ces produits ne m'en ont présenté aucune trace, car la petite quantité de matière solide dont j'ai pu y reconnaître la présence, ne saurait être de l'acide palmique.

Si en effet cet acide se formait pendant l'action de la chaleur sur la palmine, comme il est volatile on devrait au moins en recueillir une quantité proportionnelle à celle de l'acide stéarique qui se produit pendant la distillation de la stéarine. Loin de là au contraire on obtient un produit tout-à-fait liquide, et dans lequel on peut à peine par un abaissement de température faire paraître quelques traces de matière solide.

Je n'ai pas pu déterminer précisément la nature de ce produit, mais il m'a paru présenter une grande analogie avec celui que l'on obtient en distillant de l'huile de ricin ordinaire.

Ainsi, tandis que la palmine en contact avec les alcalis manifeste des propriétés spéciales qui la distinguent essentiellement de l'huile de ricin, elle s'en rapproche en tous points, au contraire, par les modifications que la chaleur lui fait éprouver.

Quelle que soit en effet celle de ces deux matières que l'on distille, l'opération est accompagnée des mêmes phénomènes et suivie des mêmes résultats. Dans les deux cas en effet on obtient une même substance résineuse, une même huile volatile et une huile fixe, soluble dans l'alcool et dans l'eau de potasse, et dont on ne réussit qu'avec peine à extraire un peu de matière solide.

Il semble vraiment que la chaleur détruise la modification que l'acide hyponitrique fait éprouver à l'huile de ricin, rétablisse l'ancien ordre de ses élémens, et la ramène à son état primitif. D'ailleurs cette seconde transformation paraît plus facile à expliquer, quand on songe à la simplicité du moyen qui a produit la première et à la facilité avec laquelle elle s'est opérée.

Quoi qu'il en soit, la palmine qui, sous un point de vue général, présente la plus complète analogie avec les corps gras déjà connus, s'en distingue cependant par deux caractères remarquables. Le premier, c'est qu'elle est moins fusible que l'acide palmique auquel elle donne naissance, tandis que les diverses stéarines observées jusqu'ici, et l'élaïdine elle-même, sont toutes plus fusibles que leurs acides.

Le second, et le plus singulier, c'est qu'elle ne fournit pas d'acide palmique parmi les produits de sa distillation.

Ce fait doit paraître d'une haute importance lorsqu'on observe qu'il fait exception aux propriétés générales des corps gras étudiés jusqu'à ce jour, et ne s'accorde pas avec la relation que MM. Bussy et Le Canu ont remarquée entre les produits des réactions qu'exercent sur ces corps les alcalis et la chaleur.

Ce ne sont pas là cependant les seules différences qui établissent une ligne de démarcation entre la palmine et les autres matières grasses. Si on les compare de point en point, on reconnaît bientôt que cette ligne de démarcation est au moins aussi profonde que celle qui sépare l'huile de ricin des autres huiles végétales.

Indépendamment, en effet, de la température de son point de fusion, qui est plus élevée que celle de la cire, et de sa très-grande solubilité dans l'alcool, qui lui conserve un caractère de famille avec l'huile de ricin, elle présente encore dans les produits de sa saponification des propriétés spéciales qui ne permettent pas de les confondre avec leurs analogues.

Vient-on à mettre l'acide palmique en parallèle avec es acides margarique et stéarique, ou avec ceux aux-

quels l'huile de ricin donne naissance, on voit que s'il se rapproche des premiers par la température de son point de fusion, il s'en éloigne essentiellement et par sa forme cristalline, et par la solubilité dans l'alcool de ses combinaisons avec l'oxide de plomb et la magnésie, et par sa capacité de saturation; et que si au contraire il partage avec les derniers la propriété de former avec l'oxide de plomb et la magnésie des sels solubles dans l'alcool, il en diffère absolument par ses caractères physiques et son point de fusion.

On reconnaît enfin qu'il se distingue et des uns et des autres, parce qu'il fournit à la distillation cette huile volatile singulière qu'on n'avait rencontrée jusqu'ici que parmi les produits de l'huile de ricin au contact de la chaleur.

Jusqu'à présent je me suis borné à exposer les phénomènes que j'ai observés pendant le cours de mes recherches, sans interrompre le récit par les réflexions auxquelles ils pouvaient donner lieu. Tous ces phénomènes en effet sont les développemens d'un même fait primitif, et ce n'est qu'en jetant un même coup d'œil sur leur ensemble que je pouvais saisir les conséquences générales qui devaient en dériver. Aussi ai-je attendu que tous les résultats réunis pussent devenir l'objet d'une comparaison facile, et s'éclairer les uns par les autres pour entreprendre leur discussion.

On a vu dans le cours de cette thèse comment l'action du nitrate de mercure sur quelques corps gras, à peine remarquée des anciens chimistes, était devenue tout-à-coup intéressante par l'heureuse application qu'en avait fait M. Poutet à l'analyse des huiles d'olives falsifiées.

J'ai montré ensuite que ce sel, au lieu d'être l'agent de la solidification des huiles, n'était qu'un moyen indirect de les mettre en rapport avec l'acide hyponitrique, et que cet acide était le seul mobile de leur transformation.

J'ai signalé aussi les profondes différences de nature que l'acide hyponitrique manifeste entre les huiles, la nouvelle ligne de démarcation qu'il établit entre les huiles siccatives et les huiles non siccatives, et l'application qu'on peut faire de ce réactif pour distinguer les falsifications de l'huile d'olives par celle de pavots.

Enfin, après une étude attentive des nouveaux corps gras formés sous l'influence de l'acide hyponitrique, et qu'on avait jusqu'ici laissés sans examen, j'ai pu présenter l'histoire de ces produits artificiels, aussi curieux par leurs caractères spécifiques qui les distinguent des autres matières grasses, que par les deux nouveaux acides auxquels ils donnent naissance.

Ce ne sont pas là cependant les seules conséquences que l'on puisse tirer des observations précédentes. Ce n'est pas seulement sous le rapport de leurs propriétés individuelles qu'on doit envisager l'*élaïdine* et la *palmine;* des questions intéressantes se lient à l'histoire de leur formation et la rattachent à la théorie générale de la chimie : c'est sous ce nouveau point de vue que je me propose maintenant de les considérer.

En effet, le point de départ de tout ce travail, la transformation de plusieurs huiles en matières grasses solides et nouvelles sous l'influence de quelques millièmes d'acide hyponitrique, me paraît être un fait qui

mérite d'être discuté. Je remonte donc aux circonstances qui accompagnent la solidification des huiles d'olives et de ricin, afin de découvrir, s'il est possible, quelques réactions qui puissent expliquer leur métamorphose.

C'est déjà un point important sans doute d'avoir dégagé l'acide hyponitrique des accessoires qui l'accompagnent dans le nitrate de mercure, sans rien ajouter à son efficacité, et d'avoir réduit le problème à l'action d'un seul composé bien déterminé sur les huiles. Mais comment cet acide lui-même peut-il à si faible dose produire la transformation remarquable dont il s'agit? Quel principe cède-t-il à la matière grasse? Quelle modification éprouve-t-il lui-même?

Lorsqu'on traite l'huile de ricin ou quelqu'une des huiles non siccatives par une proportion d'acide hyponitrique suffisante pour les solidifier, on voit que cet acide est rapidement absorbé avec dégagement de chaleur, et qu'au premier abord la couleur de l'huile ou plutôt de la matière colorante qui l'accompagne, présente seule une légère altération; plus tard l'huile se solidifie sans qu'aucun autre phénomène remarquable se manifeste.

Mais si, immédiatement après avoir mélangé de l'huile de ricin avec $\frac{1}{30}$ d'acide hyponitrique, on l'abandonne à la température ordinaire dans un appareil propre à recueillir les gaz, il s'établit, *mais seulement après que l'huile est devenue solide*, un dégagement de gaz extrêmement lent et à peu près uniforme, qui s'arrête au bout d'un mois après avoir fourni un volume d'azote à peu près égal à celui de la matière grasse. De l'huile

d'olives placée dans les mêmes circonstances n'a point présenté le même phénomène (1).

Cependant la température de 100° suffit pour dégager de cette huile, comme de celle de ricin, un volume environ de gaz azote (2), soit qu'on les chauffe une heure après l'addition de l'acide hyponitrique et avant leur solidification, soit après qu'elle s'est opérée (3).

D'ailleurs, si on soutient la température pendant plusieurs heures, il se produit de l'acide carbonique, ainsi que je l'ai reconnu pour l'huile d'olives; enfin l'élaïdine chauffée avec la potasse dans une éprouvette sur le mercure ne dégage pas d'ammoniaque, mais si on laisse la combinaison savonneuse dans l'éprouvette au contact du métal, on y trouve de l'azote au bout de quelques jours.

Ces phénomènes sont tous, comme on voit, postérieurs et sans doute aussi étrangers à la solidification des huiles et peu propre à mettre en évidence la réaction qui la détermine. A défaut de succès dans cette recherche, j'essayai du moins de saisir quelque renseignement sur l'époque où cette réaction s'opère, et de reconnaître si l'huile de ricin, par exemple, qui reste si long-temps liquide après

---

(1) Cependant si l'huile a été solidifiée dans une éprouvette sur le mercure, au bout de quelques jours, on trouve entre les surfaces de l'huile et du métal qui étaient en contact une certaine quantité de gaz dont le dégagement semble avoir été déterminé par la présence du mercure.

(2) Il est remarquable que ce dégagement se produit toujours avec une extrême lenteur.

(3) De l'azote se dégage encore lorsqu'on traite de la même manière de l'huile d'olives solidifiée par le nitrate acide de mercure.

l'addition du réactif, commence immédiatement à s'altérer et suit une marche progressive dans sa modification depuis le moment du mélange jusqu'au complet accomplissement du phénomène, ou si ce n'est qu'au bout d'un certain temps que la réaction s'établit.

Je soumis donc de l'huile de ricin à l'action de la potasse une heure après l'avoir mélangée avec $\frac{1}{60}$ de son poids d'acide hyponitrique, c'est-à-dire plus de trente heures avant le moment où elle serait devenue solide si je l'avais livrée à elle-même ; le savon décomposé par l'acide hydrochlorique me fournit une matière grasse demi-liquide, qui renfermait une portion notable d'acide *palmique*, et me prouvait ainsi que c'est par une action *lente*, *mais successive et continue* que s'opère la transformation de l'huile de ricin en palmine.

Telles sont les seules observations que j'aie pu recueillir pour éclairer la question, et j'aurais été obligé de me borner à ces seules ressources si l'acide hyponitrique eût été l'unique agent capable de solidifier les huiles. Mais, bien que cette propriété lui appartienne au plus haut degré, il ne la possède pas exclusivement. L'acide nitrique lui-même, et ce qui est encore plus remarquable, le gaz acide sulfureux, la partagent avec lui. L'action est beaucoup plus lente, il est vrai ; néanmoins, au bout d'un temps plus ou moins long, l'acide nitrique solidifie l'huile d'olives, et l'huile de ricin est transformée en palmine par le même réactif ou par l'acide sulfureux.

Je n'ai point encore étudié l'action de l'acide sulfureux sur l'huile d'olives, mais j'ai obtenu de la palmine en soumettant de l'huile de ricin à l'action de ce gaz. En effet, lorsqu'on fait passer pendant long-temps à travers

de l'huile de ricin un courant d'acide sulfureux, il est absorbé peu à peu, l'huile devient plus fluide, et au bout d'un certain temps se fige comme l'huile d'olives.

La matière solide qui se forme est parfaitement blanche, fusible à 66° centigrades, soluble en toute proportion dans l'alcool à 36°, et fournit par la saponification de l'acide palmique fusible à 50° et doué de tous les autres caractères que j'ai assignés à ce nouveau produit.

Si j'entreprends maintenant de discuter ces dernières observations et toutes celles de ce mémoire qui se rattachent à la solidification des huiles, sous l'influence des divers agens que je viens de citer, et particulièrement de l'acide hyponitrique, je suis frappé au premier abord de la faible proportion de réactif qui suffit pour produire une modification si profonde dans la constitution de certaines huiles.

J'ai démontré en effet qu'un demi-centième d'acide hyponitrique suffisait pour déterminer la solidification de l'huile d'olives. Si l'on ajoute à cette remarque que l'azote n'entre pour rien dans la réaction, comme on peut, je crois, le conclure en voyant l'acide sulfureux produire les mêmes phénomènes que l'acide hyponitrique, on reconnaît, en admettant que l'oxigène entre en combinaison avec les élémens de l'huile, que c'est tout au plus à $\frac{1}{300}$ de ce gaz qu'on devrait attribuer la formation de l'élaïdine.

D'un autre côté, si on se rappelle que le dégagement d'azote qui se manifeste spontanément dans l'huile de ricin est postérieur à sa solidification, et que d'ailleurs l'huile d'olives ne présente pas spontanément le même phénomène, il semble que la décomposition qu'il an-

nonce dans l'acide hyponitrique ne se rattache pas à la solidification de l'huile, mais qu'elle soit le résultat d'une réaction secondaire.

Quoi qu'il en soit, la quantité d'oxigène qui pourrait jouer un rôle est tellement faible que nos moyens analytiques seraient impuissans pour la constater dans les produits où elle pourrait s'être fixée, et que d'ailleurs elle n'est nullement en rapport avec les proportions ordinaires des combinaisons chimiques.

D'ailleurs l'acide sulfureux, qui peut aussi, à l'égal de l'acide hyponitrique, déterminer la formation de la palmine, serait plus propre à enlever de l'oxigène à la matière grasse qu'à lui en céder, et, s'il se décomposait, il donnerait naissance à un dépôt de soufre que je n'ai point reconnu; ou s'il absorbait de l'oxigène il produirait de l'acide sulfurique que j'ai vainement recherché dans la palmine formée par son intermède.

Il paraît donc résulter de ces premières considérations que l'acide hyponitrique n'entre pour aucun de ses élémens dans la composition de l'élaïdine et de la palmine, et que c'est en quelque sorte par une *influence physique* qu'il détermine sa formation.

Un autre fait vient encore me confirmer dans cette opinion : c'est la différence frappante qui existe entre les temps nécessaires à la solidification des huiles, suivant que la proportion de l'acide hyponitrique employée est plus ou moins grande. Il est vraisemblable en effet que si le réactif fournissait un de ses élémens pour opérer la transformation dont il s'agit, la proportion nécessaire une fois mélangée avec l'huile, toute addition nouvelle serait superflue et resterait sans effet; en voyant au con-

traire la rapidité de la transformation être, jusqu'à une certaine limite cependant, en rapport direct avec la proportion du réactif, sans que le produit soit différent, il me paraît difficile de faire accorder cette influence de la masse avec une action chimique.

Cette conséquence est grave sans doute, et je ne la présente qu'avec réserve; je ne crois pas cependant pouvoir en déduire une autre des faits observés.

D'ailleurs, cette modification remarquable que l'acide hyponitrique fait éprouver aux huiles non siccatives, n'est pas le premier phénomène de ce genre que présente la chimie organique. A quelle cause attribuer en effet la fermentation alcoolique qu'une seule bulle d'oxigène peut déterminer? A quelle cause attribuer la transformation de l'amidon en sucre par l'intermède de l'acide sulfurique et de tant d'autres agens, si ce n'est à une action par influence analogue à celle que je viens de signaler. Comment expliquer surtout la décomposition de l'eau oxigénée de M. Thenard au contact du tissu musculaire, si ce n'est en invoquant une cause physique analogue. On dirait que dans tous ces phénomènes le réactif qui les détermine n'intervient que pour imprimer aux molécules des mouvemens particuliers ou des affinités nouvelles.

Il existe encore cette analogie singulière entre la formation de la palmine et de l'élaïdine et la fermentation alcoolique ou la formation du sucre d'amidon, c'est qu'aucune de ces réactions n'est instantanée, qu'au contraire elles s'exécutent avec une lenteur et une progression remarquable, et se rapprochent ainsi de celles qui s'opèrent au sein de l'organisation.

En démontrant toutefois que la transformation des huiles est le résultat d'une simple influence physique, et qu'aucun nouvel élément ne concourt à les modifier en s'associant à leur substance, je sens que je n'ai point envisagé le problème sous toutes ses faces.

En effet, les huiles ne sont pas des produits immédiats simples, ou du moins la plupart sont composées de deux principes bien caractérisés. Ainsi les huiles d'amandes douces et d'olives, par exemple, sont formées chacune d'oléine et de stéarine, et si jusqu'à ce jour l'huile de ricin a résisté aux épreuves analytiques auxquelles on l'a soumise, le nombre des produits qu'elle fournit au contact des alcalis et de la chaleur ne permet guère de la regarder comme un principe immédiat simple.

Il s'agirait donc maintenant d'expliquer comment ces huiles n'éprouvent pas de la part de l'acide hyponitrique une modification complexe correspondante à leur nature; et d'où vient que l'oléine et la stéarine semblent perdre leur individualité sous l'influence de ce réactif et se transformer en un produit unique (1); soit qu'on re-

---

(1) Bien que je n'aie pas réussi à obtenir immédiatement la palmine et l'élaïdine avec le degré de fusibilité qui les caractérise à l'état de pureté, et qu'elles se soient toujours liquéfiées à quelques degrés de température au-dessous, cependant la quantité de matière grasse liquide qu'elles retenaient était si faible qu'il est impossible qu'elle soit en rapport avec aucun des produits immédiats reconnus dans les huiles. D'ailleurs la stéarine de l'huile d'olives éprouve de la part de l'acide hyponitrique la même transformation que l'huile d'olives elle-même, et l'huile d'amandes douces, qui n'est en quelque sorte que de l'oléine pure, se transforme elle-même en élaïdine.

garde ces deux matières comme des principes immédiats simples, soit qu'adoptant une théorie ingénieuse et séduisante, qui tend à expliquer les phénomènes de la chimie organique par les mêmes lois qui régissent les substances minérales, on compare l'oléine et la stéarine à de véritables éthers formés par les acides margarique et oléique et l'hydrogène carboné ; mais il serait prématuré de chercher à résoudre les questions précédentes, et l'on doit attendre que la science ait pénétré plus avant dans les moyens secrets de la nature.

Cependant les phénomènes observés dans le cours de ce travail, tout en forçant de reconnaître que la chimie est encore impuissante pour les expliquer, ne semblent-ils pas mettre sur la voie de pénétrer un jour quelques mystères de l'organisation ?

Que l'on examine en effet la marche de la nature dans la formation des substances diverses qui constituent les élémens des êtres organisés, on ne tarde pas à reconnaître que la plupart tirent leur origine de certaines matières neutres, telles, par exemple, que l'albumine et la fibrine, que le sang distribue dans toute l'économie vivante, et l'amidon qui, dans la plupart des graines, sert de nourriture à l'embryon et le développe aux dépens de sa substance; on voit ainsi que c'est par une suite de transformations successives que la nature vivante s'entretient et se renouvelle sans cesse, et que, tandis que dans le règne minéral tout est immobile et ne varie que par accidens, le règne végétal et le règne animal toujours en mouvement, présentent une série infinie de métamorphoses.

En se reportant à la cause et aux circonstances de la

solidification des huiles, et faisant attention à sa marche lente et successive, n'est-on pas conduit à reconnaître une relation remarquable entre cette modification de la matière et celles qui s'accomplissent incessamment au sein de l'organisation.

Suite *du Mémoire sur l'Influence qu'exerce la présence de l'Eau dans un grand nombre de Réactions chimiques ;*

Par M. J. Pelouze.

L'alcool anhydre, l'éther sulfurique, l'éther acétique masquent plus ou moins complètement les propriétés des acides les plus puissans. Leur dissolution ne rougit pas le papier bleu de tournesol et n'attaque pas un grand nombre de carbonates.

Un mélange d'environ 6 parties d'alcool absolu et de 1 partie d'acide sulfurique concentré n'agit sur aucun carbonate neutre, mais il décompose immédiatement l'acétate de potasse et en dégage d'abondantes vapeurs de vinaigre mêlées d'éther acétique.

On sait, depuis les travaux de M. Hennell et de Sérullas, que l'acide sulfovinique se forme à froid dans un mélange d'alcool et d'acide sulfurique concentrés, mais que, quel que soit l'excès d'alcool employé, il reste toujours de l'acide sulfurique libre dans le mélange. Il m'est donc permis de conclure de l'expérience rapportée ci-dessus

qu'une dissolution alcoolique d'acides sulfovinique et sulfurique n'est pas susceptible de décomposer un carbonate. Il faut faire intervenir l'eau pour que la réaction se détermine.

Une solution de gaz hydrochlorique dans l'alcool, assez concentrée pour qu'étendue de plusieurs centaines de fois son volume d'eau elle rougisse le papier de tournesol, attaque avec une extrême violence le carbonate de chaux artificiel et le marbre lui-même. Elle attaque aussi, quoique moins vivement, les carbonates de barite, de strontiane, de magnésie et de soude, lors même que ces sels ont été préalablement calcinés. Elle ne décompose pas au contraire le carbonate de potasse.

L'acide nitrique concentré mêlé à l'alcool ne décompose pas non plus le carbonate de potasse; il agit avec énergie sur les carbonates de chaux et de strontiane. Ceux de barite, de magnésie et de soude sont aussi attaqués, mais avec beaucoup plus de lenteur.

J'ai déjà dit que les acides végétaux donnaient lieu à des réactions semblables à celles des acides minéraux. Ceux sur lesquels j'ai principalement expérimenté sont les acides tartrique, paratartrique, citrique et oxalique. Tous quatre se dissolvent en quantité très-notable dans l'alcool. La dissolution des deux premiers acides dans ce liquide n'a attaqué aucun des nombreux carbonates avec lesquels je l'ai mise en contact.

L'acide citrique, dans les mêmes circonstances, est sans action sur les carbonates de strontiane, de chaux et de barite, mais il attaque ceux de potasse et de magnésie, le dernier toutefois avec une extrême lenteur.

L'acide oxalique, qui dégage l'acide carbonique des

carbonates de strontiane, de magnésie et de barite, n'exerce aucune espèce d'action sur le carbonate de potasse et celui de chaux.

La connaissance des observations consignées dans ce mémoire n'est peut-être pas sans quelque utilité pour la pratique de la chimie. En effet, ces observations démontrent la difficulté plus ou moins grande qu'on doit trouver à opérer des saturations au milieu de l'alcool en même temps qu'elles mettent en garde contre un jugement trop précipité que la neutralité apparente de ce liquide sur les papiers réactifs pourrait faire émettre dans maintes occasions, surtout dans les analyses organiques où l'emploi de l'alcool et de l'éther est si fréquent.

Sous le point de vue théorique, si quelques-uns des faits cités s'expliquent d'une manière satisfaisante, d'autres, au contraire, paraissent se refuser complètement à toute espèce d'interprétation. Comment se rendre compte, par exemple, de la nullité d'action de l'acide acétique concentré sur le carbonate de chaux, et de l'énergie avec laquelle le même acide se combine avec la chaux caustique? Pourquoi l'eau est-elle nécessaire dans le premier cas et inutile dans le second? Cependant c'est le même produit qui doit prendre naissance. On ne peut pas dire que l'acide acétique cristallisable mouille mal la craie, et que son inertie tient à cette circonstance, car outre qu'il n'y aurait guère de raison pour que le même acide mouillât mieux la chaux, la pression de 10 atmosphères à laquelle on a vu que le mélange a été soumis, aurait suffi pour opérer un contact parfait et par suite une décomposition de ces deux corps. D'un autre

côté, l'ébullition de l'acide acétique sur la craie dans le vide exclut l'idée, d'ailleurs peu vraisemblable, que la pressio n atmosphérique a une part quelconque dans le phénomène. Quelle qu'en soit au reste la véritable cause, et je suis loin de l'entrevoir, on trouve dans le fait même la preuve incontestable que les affinités des corps les uns pour les autres sont susceptibles de changer avec la nature des dissolvans dans le sein desquels l'action s'exerce présentement, et il ne serait pas exact de dire d'une manière absolue que tel acide décompose telle série de sels, car à l'état isolé et à l'état de dissolution, les résultats sont quelquefois tout différens.

Ainsi l'acide acétique dissous dans l'alcool et l'acide acétique dissous dans l'eau peuvent être considérés, relativement à certains corps, à la craie par exemple, comme des acides tout-à-fait distincts.

L'acide acétique dissous dans l'alcool est aux carbonates ce que l'acide carbonique est aux acétates dissous dans l'eau, et réciproquement l'acide acétique dissous dans l'eau est aux carbonates ce que l'acide carbonique est aux acétates dissous dans l'alcool, c'est-à-dire que dans un cas il y a nullité et dans l'autre plénitude d'action.

Ces faits semblent corroborer encore davantage, s'il est possible, la belle loi de Berthollet, celle des doubles décompositions par insolubilité. En effet, si l'acide carbonique décompose l'acétate de potasse en dissolution dans l'alcool, c'est que le carbonate de potasse qui doit se former est insoluble dans ce liquide, abstraction faite de la propriété extraordinaire dont jouit l'acide acétique de ne pas décomposer le carbonate de potasse dans cette circonstance.

Il n'est pas impossible qu'avec l'acide carbonique ou tout autre acide faible dissous dans un véhicule convenable, on ne parvienne à éliminer les acides les plus puissans de leurs combinaisons salines. Cependant une expérience que j'ai tentée dans ce but ne m'a pas réussi. J'ai dissous dans l'alcool du chlorure de strontium, du chlorure et du nitrate de cuivre, et j'y ai fait passer pendant longtemps un courant de gaz acide carbonique sans qu'il se soit formé de carbonate de strontiane ou de cuivre.

La présence de l'eau ne paraît pas toujours être nécessaire aux réactions chimiques. Beaucoup peuvent se passer dans d'autres dissolvans.

L'acide oxalique desséché sous la machine pneumatique et dissous dans l'alcool absolu précipite le nitrate de chaux en solution dans le même liquide. Le sulfocyanure de potassium colore aussi fortement en rouge le chloride de fer dans l'alcool que dans l'eau, etc., etc.

Sur le *Principe colorant du Quartz cornaline*;

Par M. H. Gaultier de Claubry.

Jusqu'ici on avait admis que les cornalines étaient colorées par de l'oxide de fer; une observation de Dufay, qui se trouve dans un mémoire de ce savant inséré parmi ceux de l'Académie pour 1732 (p. 169), m'a semblé laisser au moins du doute à cet égard.

Dufay a fait voir qu'en chauffant la cornaline seule à une température assez élevée, cette pierre n'éprouve aucune altération : si on l'y expose graduellement et de manière qu'elle ne se fendille pas, la couleur persiste à

peu près avec la même intensité pourvu qu'on ne la chauffe pas trop long-temps. Mais si on couvre la surface d'un ciment contenant de l'oxide de fer, et qu'on chauffe la pierre, la couleur disparaît dans tous les points couverts de ciment, de sorte que l'on peut, par ce moyen, tracer des dessins sur la cornaline et produire des effets variés en la travaillant ensuite à la roue du lapidaire. Si au contraire on recouvre la surface avec le même ciment et qu'on enlève à la pointe sèche toutes les parties où l'on veut conserver la couleur naturelle, on obtient des dessins en rouge sur un fond blanc.

Dans la pensée que ce phénomène pourrait être dû à la désoxidation de quelque substance contenue dans la cornaline, j'ai introduit des fragmens de cette substance avec de l'oxide de cuivre dans une cornue de porcelaine, et en élevant la température jusqu'au rouge, j'ai obtenu un dégagement sensible de gaz qui avait lieu d'une manière intermittente et comme par chocs brusques. Ce gaz me parut être du gaz carbonique.

En renouvellant l'expérience et me servant de cornaline pulvérisée, qui fut mêlée avec son poids d'oxide cuivrique récemment rougi et introduit encore chaud dans une cornue de porcelaine, j'ai obtenu un dégagement de gaz beaucoup plus sensible ; et, abstraction faite de l'air des vaisseaux, pour 100 grammes de cornaline j'ai obtenu un peu plus de 29 centimètres cubes de gaz carbonique.

Comme les cornalines dont j'avais fait usage avaient été taillées, on aurait pu supposer qu'elles auraient été, au moins à la surface, pénétrées d'un peu d'huile qui avait été employée pour les polir ; pour éviter cette cause

d'erreur, j'ai mis de la cornaline en poudre fine, et je l'ai faite bouillir avec une dissolution de potasse ; la matière bien lavée et séchée a été alors introduite dans une cornue de porcelaine et chauffée jusqu'au rouge vif. Il s'en est dégagé des gaz qui ont été recueillis sur le mercure, et une petite quantité de liquide. Le résidu dans la cornue était grisâtre, le liquide très-acide, d'une odeur très-prononcée d'huile pyrogénée ; le gaz était en partie soluble par la potasse ; le résidu brûlait avec une flamme bleue et précipitait l'eau de chaux après la combustion. Je n'ai pas trouvé d'ammoniaque dans les produits. 100 grammes de cornaline ont perdu dans cette opération $1^{gr},169$.

Ces faits ne me paraissent laisser aucun doute sur l'existence d'une substance organique dans le quartz cornaline auquel elle donne sa couleur. Il n'est pas à ma connaissance que l'on ait jusqu'ici signalé l'existence d'un semblable principe colorant dans les composés de silice naturels ; j'ai cependant observé très-souvent que quand on prépare cette substance avec certains silex pyromaques, elle présente une teinte gris-foncé qui disparaît entièrement par l'action d'une chaleur rouge ; il est probable que ce phénomène se lie avec celui qui fait le sujet de cette note, et qui me paraît avoir de l'importance pour la géologie (1).

Je m'occupe en ce moment à rechercher si d'autres

---

(1) Je ferai remarquer aussi que l'on a désigné sous le nom de quartz hyalin fétide une variété de quartz qui répand, par le choc et le frottement, une odeur fétide, qu'il perd, ainsi que sa couleur blanc-grisâtre, par la calcination au rouge.

variétés de quartz, ou d'autres minéraux, renfermeraient des substances analogues à celle dont il vient d'être question.

N. B. Depuis que j'ai adressé cette note à l'Académie des Sciences, j'ai retrouvé deux analyses faites par M. Berthier, d'un quartz rose, de Quincy, département du Cher, et d'un autre minéral quartzeux de Confolens, département de la Charente, qui contiennent comme principe colorant une substance organique (*Annales des Mines*, t. x, p. 272, et t. xiii, p. 218).

Quoique la différence de formation entre ces substances et les cornalines soit très-grande, puisque les premières se rencontrent dans des calcaires et la cornaline dans les terrains trappéens, et que la présence d'une substance organique dans ces derniers et pour une matière aussi dure offre un intérêt particulier, je dois réparer l'erreur que j'avais avancée en disant que jusqu'ici on n'avait pas rencontré de substance de cette nature dans les composés de silice.

Je dois aussi rappeler que M. Knox a trouvé du bitume dans beaucoup de pierres (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. xxv, p. 178.

Bulletin *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 4 juin 1832.

Communications manuscrites. Réclamation de priorité de M. Leymerie au sujet des idées de M. Couverchel sur la cause des épidémies; Lettre de MM. Hume

et Brodie relative à l'opération faite par M. Heurteloup à M. le colonel Ranken, en réponse à une lettre de M. Coustalo.

Rapports. Rapport défavorable de MM. Bouvard et Damoiseau sur un Mémoire relatif à l'orbite du soleil présenté par un réfugié polonais; Compte verbal très-avantageux rendu par M. Duméril de trois ouvrages de M. Duponchel sur les lépidoptères de France.

M. Teixier commence la lecture d'un Mémoire sur les terrains des environs de Fréjus.

La section de chimie présente, en comité secret, une liste de candidats pour la place de professeur de chimie actuellement vacante au Muséum d'histoire naturelle. Elle se compose de M. Gay-Lussac, en première ligne, et de MM. Dumas et Robiquet.

Séance du lundi 11 *juin.*

Communications manuscrites. Lettre du Ministre du commerce qui autorise l'Académie à se joindre à l'administration des hospices pour faire élever un monument à la mémoire de M. de Montyon; Lettre du même Ministre par laquelle l'Académie est invitée à lui présenter un candidat pour la chaire d'anatomie comparée vacante au Muséum; Lettre de M. Lassis sur les succès qu'il a obtenus contre l'épidémie dans les environs de Paris; Réclamation de M. Korylsky contre le rapport de MM. Bouvard et Damoiseau; Mémoire sur quelques amas d'huîtres fossiles et non fossiles du département de la Charente-Inférieure par M. Chaudruc de Crazannes.

Rapports. Rapport très-favorable de M. Thenard sur un Mémoire de M. Dumas ayant pour titre : *Des chlo-*

rures de soufre; Rapport verbal de M. Duméril sur trois Mémoires d'histoire naturelle présentés par M. Duvernoy; Rapport favorable du même membre sur un Mémoire de M. Rousseau relatif à un *Nouveau cartilage du larynx.*

Mémoires lus. Mémoire de M. Jomard sur les résultats et les moyens présumés de la mécanique des Egyptiens; Fin du Mémoire de M. Teixier sur la constitution géologique des environs de Fréjus.

L'Académie ayant procédé au scrutin pour la désignation d'un candidat à la chaire de chimie du Muséum d'histoire naturelle, les suffrages se trouvent ainsi partagés : M. Gay-Lussac 35 ; M. Robiquet 2.

Séance du 18 juin.

Communications manuscrites. Observations sur l'île Julia, par le capitaine Lapierre, transmises par le Ministre de la marine; Lettre de M. Coustalo qui maintient l'exactitude de ses premières assertions sur une opération de M. Heurteloup; Description d'un appareil qui peut servir à opérer la ligature des tumeurs qui s'opposent à la sortie des urines.

Rapports. Rapport favorable de M. Geoffroy Saint-Hilaire sur les Tableaux méthodiques du règne animal de M. Achille Comte; Rapport très-favorable de M. Thenard sur un travail de M. Dumas ayant pour objet la densité de la vapeur de quelques corps simples.

Lectures. Notice sur une fistule laryngienne traitée avec succès au moyen d'une opération nouvelle; Fragmens d'anatomie sur l'organisation des serpens, par M. Duvernoy.

Séance du lundi 25 juin.

Communications manuscrites. Lettre du Ministre du commerce par laquelle il institue une commission composée de neuf membres, qui sera chargée de faire une étude comparative des phénomènes météorologiques et des développemens du choléra; Mémoire sur diverses erreurs contenues dans les ouvrages de Lalande, par M. Korylsky; Mémoire sur l'influence du moment d'inertie du balancier d'une machine à vapeur, et de sa vitesse moyenne sur la régularité du mouvement de rotation qu'elle communique au volant, par M. Coriolis; Histoire générale du fœtus et de ses enveloppes dans les animaux vertébrés, par M. Breschet; Sur les causes du malaise industriel et commercial de la France et sur les moyens d'y remédier, par M. Emile Bères, du Gers.

Rapports. Rapport favorable de M. Geoffroy Saint-Hilaire sur un mémoire de M. Duvernoy relatif à l'organisation des serpens; Rapport verbal très-favorable concernant l'ouvrage que M. Poey vient de publier sur les lépidoptères de l'île de Cuba.

Lectures. Note de M. Biot sur les phénomènes d'inflammation que présentent *les fraxinelles*; Mémoire sur la moelle épinière de la tortue franche.

L'Académie a nommé au scrutin les six membres des sections physiques qui, réunis au président, présenteront une liste de candidats pour la place de secrétaire perpétuel. MM. Mirbel, Chaptal, Thenard, Duméril, Chevreul et Serres ont réuni la majorité des suffrages.

FIN DU TOME CINQUANTIÈME.

Fig. 1.

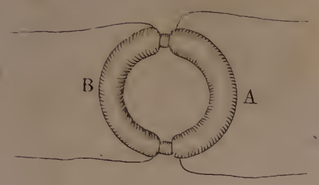


Fig. 2

Fig. 3.

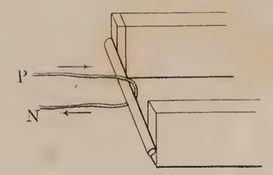


Fig. 4

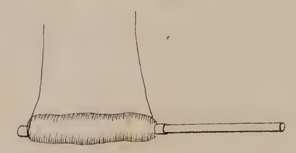


Fig. 8.

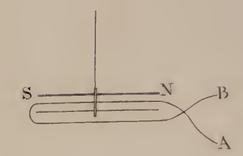


Fig. 13.

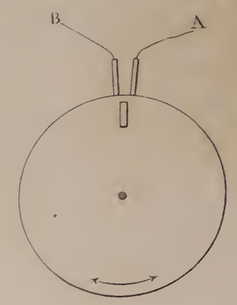


Fig. 5.

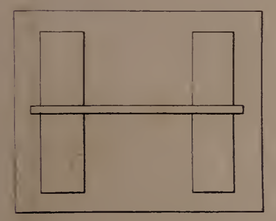


Fig. 6.

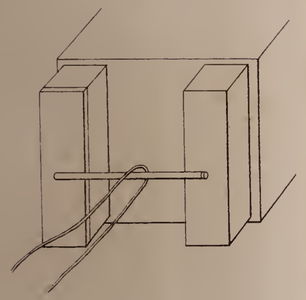


Fig. 7.

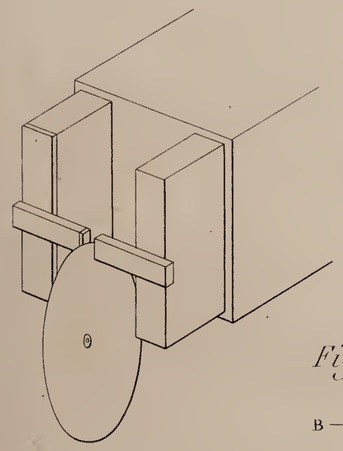


Fig. 9.

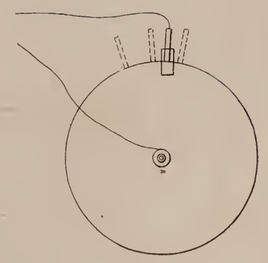


Fig. 10.

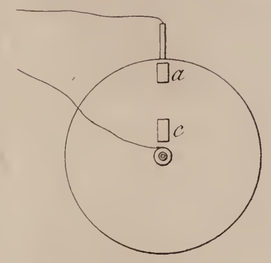


Fig. 11.

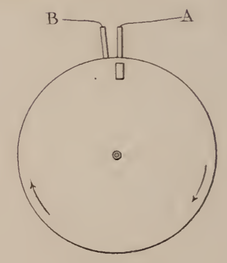


Fig. 12.

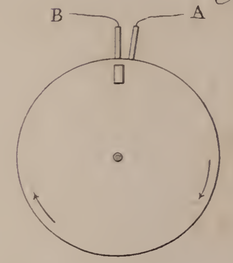


Fig. 16.

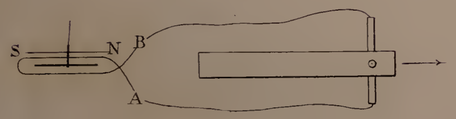


Fig. 21.

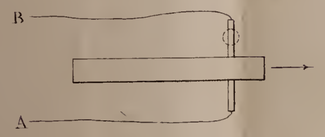


Fig. 28.

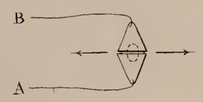


Fig. 24

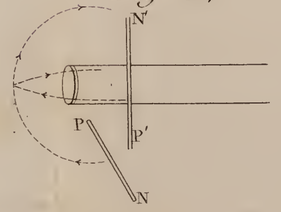


Fig. 15

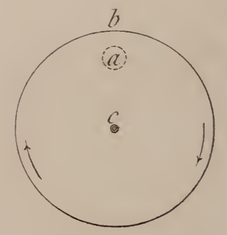


Fig. 14.

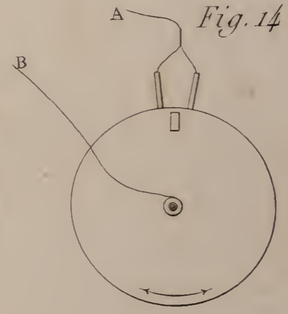


Fig. 17.

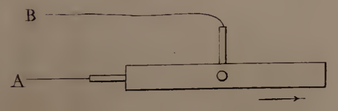


Fig. 18.

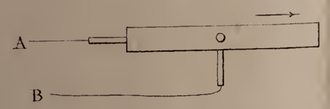


Fig. 22.

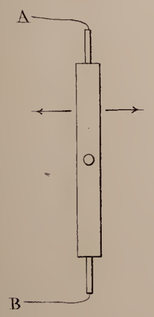


Fig. 23.

Fig. 26.

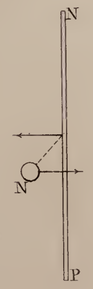


Fig. 25.

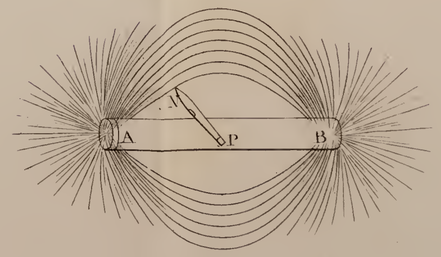


Fig. 27.

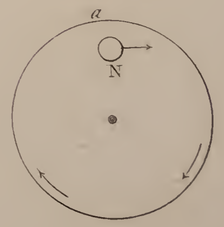


Fig. 29.

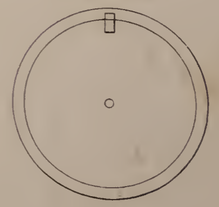
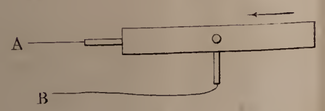


Fig. 19.

Fig. 20.



Gravé par Le

Fig. 30.

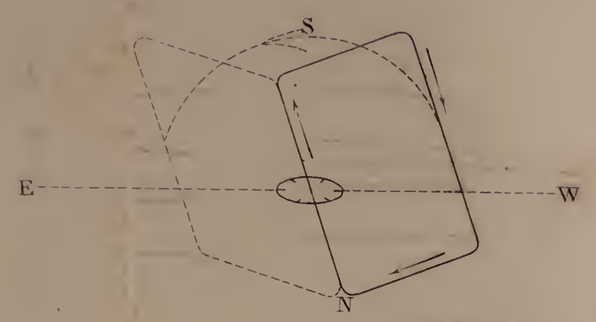


Fig. 31.

Fig. 32.

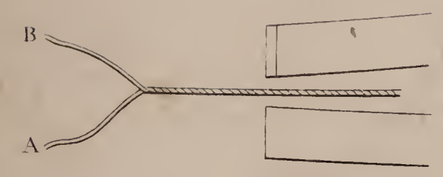


Fig. 33.

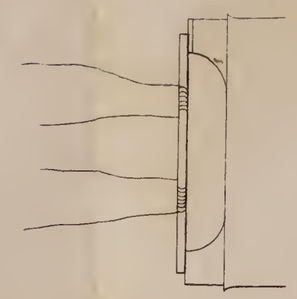


Fig. 37.

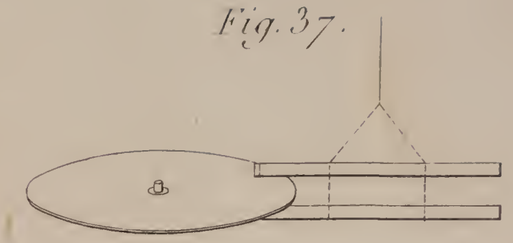


Fig. 43.

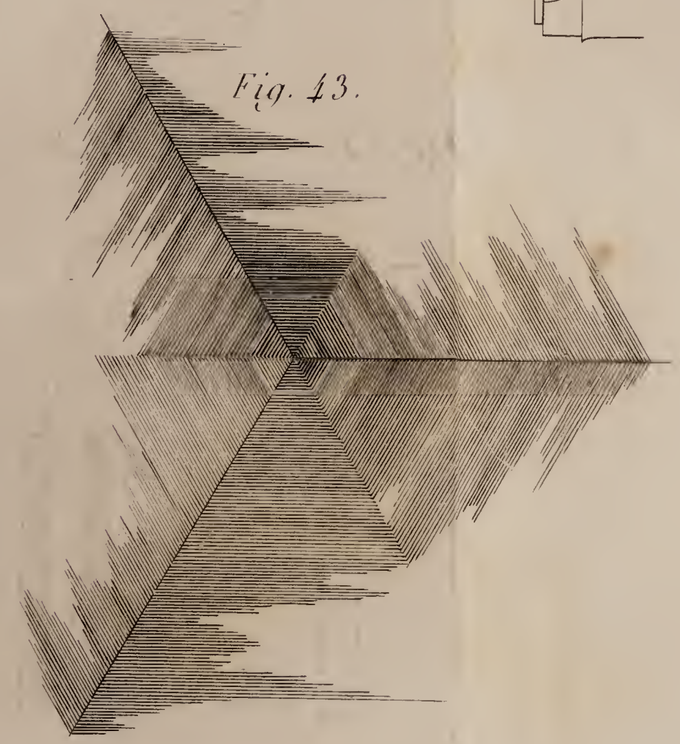


Fig. 34.

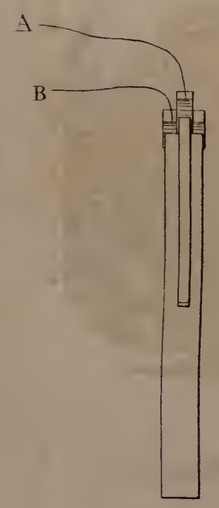


Fig. 35.

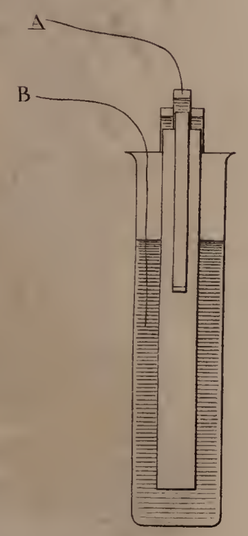


Fig. 36.

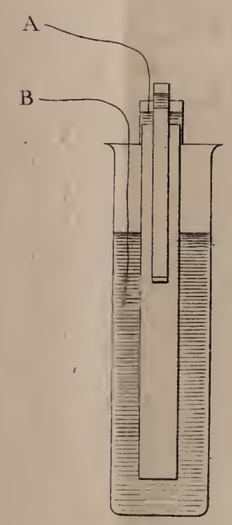


Fig. 38.

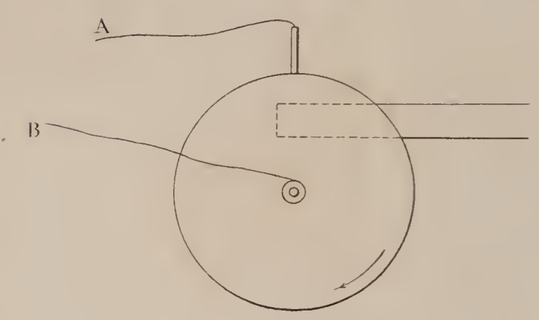


Fig. 39.

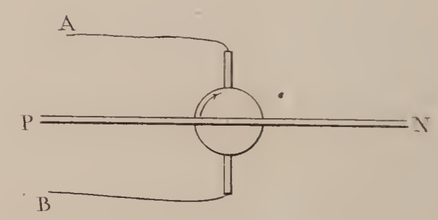


Fig. 40

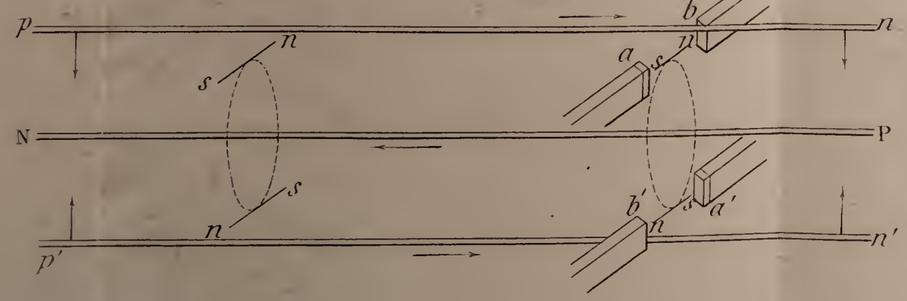


Fig. 41.

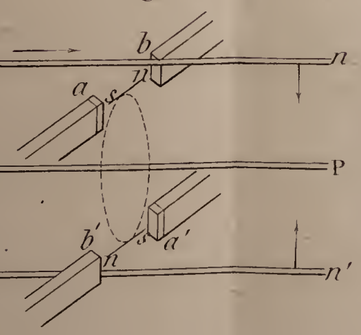


Fig. 42.

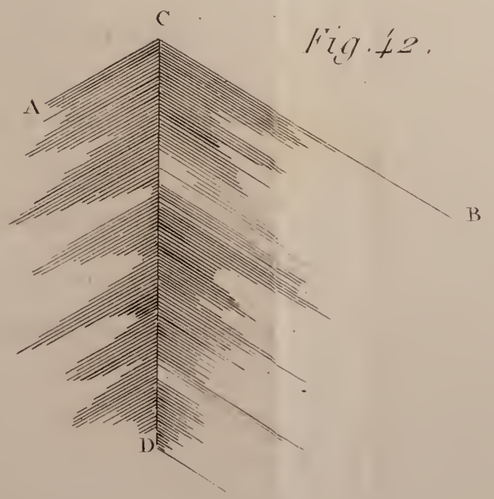


Fig. 44

Gravé par Le Blanc.

Fig. 1.

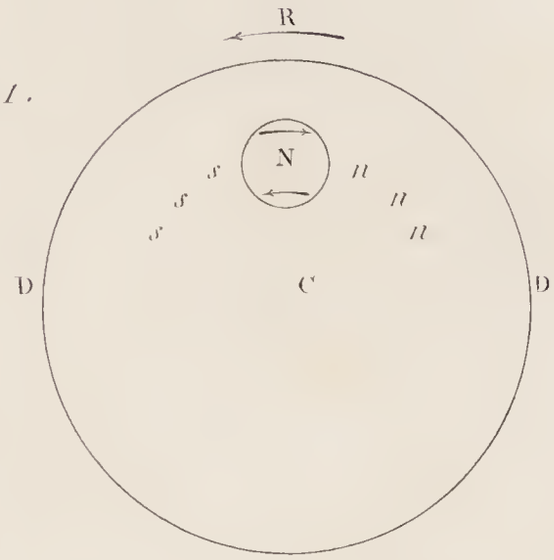


Fig. 2.

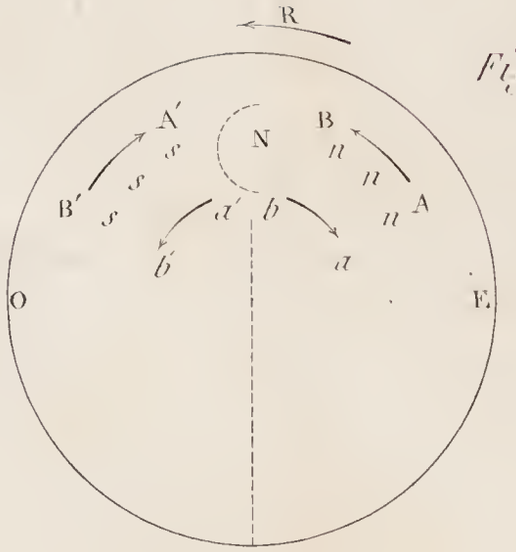


Fig. 4.

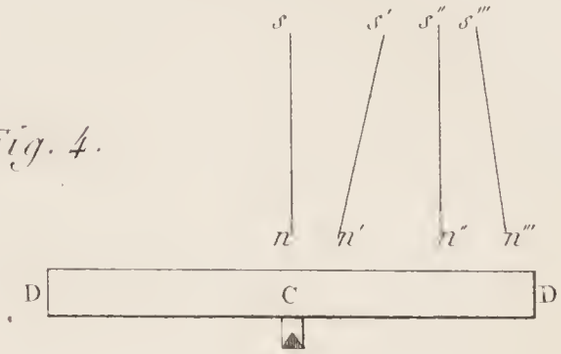


Fig. 7.

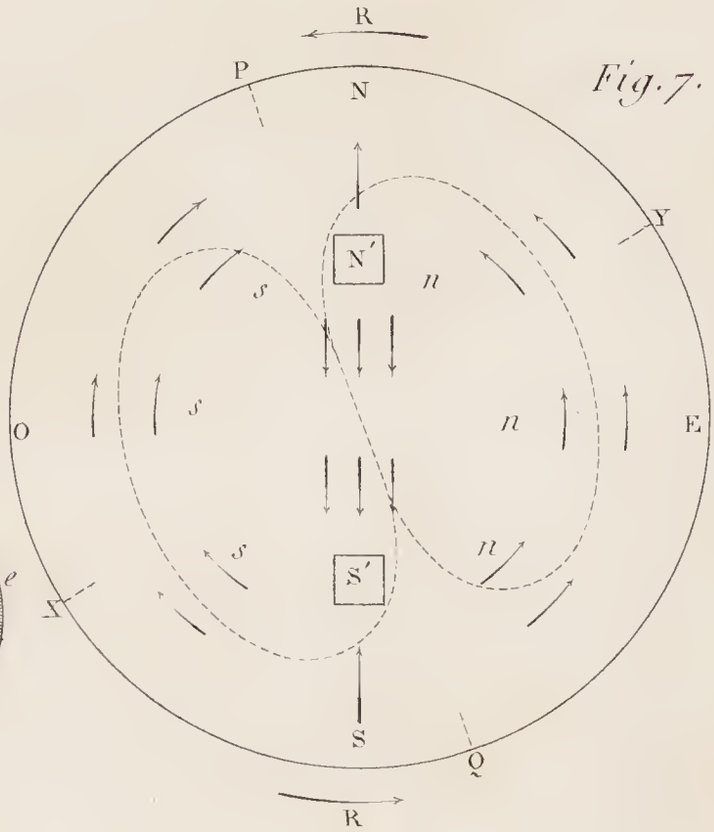


Fig. 5.

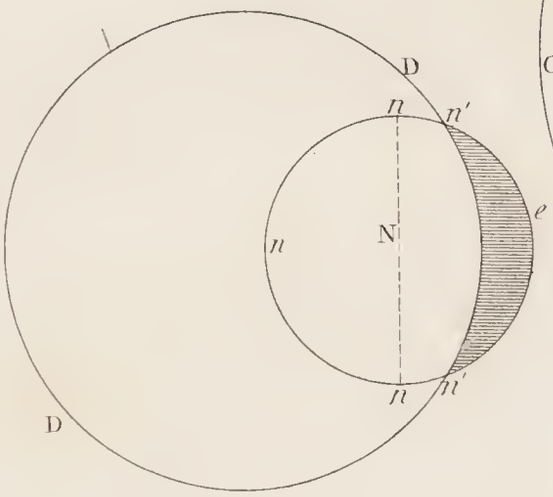


Fig. 6.

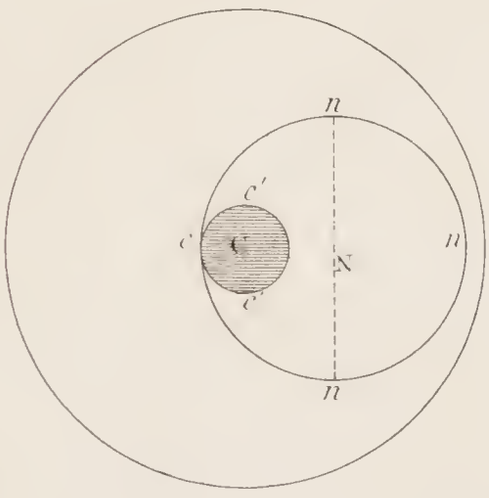
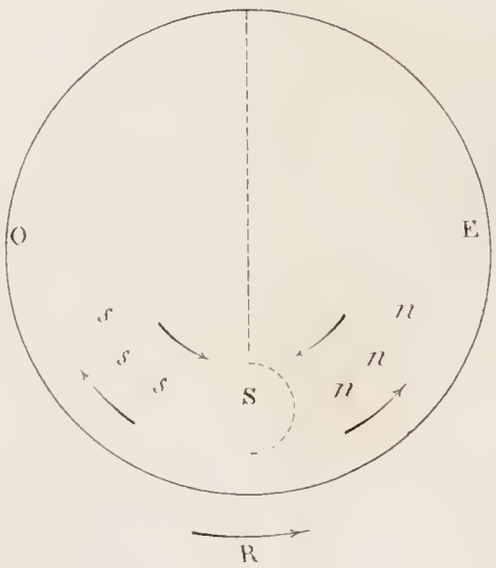


Fig. 3.



JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	756,90	+23,2	72	755,77	+31 5	54	754,72	+27.5	50	753,70	+22,0	72	+31,5	+14,2	Nuageux.	N. E.
2	754,04	+23,3	84	753,23	+29,3	58	751,88	+28,8	55	755,53	+19 4	90	+30,0	+19,0	Nuageux.	S.
3	755,78	+24,2	80	756,00	+25,5	74	755,68	+26,0	70	757,00	+18,7	84	+26.5	+17,2	Très-nuageux.	O.
4	759,30	+21,5	78	759,44	+23,3	74	758,80	+24,0	65	760,07	+18,3	74	+24,5	+16,8	Nuageux.	O.
5	758,55	+23,5	70	757,17	+28,5	54	755,83	+28,0	54	753,30	+18,2	86	+29,0	+13,7	Très-nuageux.	S.
6	755,60	+21,8	75	755,32	+24,5	65	755,60	+21,8	74	757,00	+15,5	84	+24,5	+15,5	Pluie.	O.
7	757,20	+21,5	77	757,05	+25,7	71	756,57	+24,0	68	757,23	+17,7	76	+25,7	+16,0	Très-nuageux.	O.
8	758.30	+23,0	70	757,68	+25,5	61	756,70	+26,1	54	757 07	+20,7	75	+26,1	+13,3	Beau.	N. E.
9	756,67	+23,2	74	756,75	+31,0	62	756.47	+32,1	47	758,54	+22,6	80	+32,1	+16,0	Nuageux.	S.
10	761,65	+25,1	66	761,53	+28,3	63	761,42	+27,0	58	763,05	+23,0	74	+28,3	+18.5	Beau.	N. O.
11	764,50	+26,2	70	763,73	+29,0	62	762,95	+30,2	60	763,24	+23,0	84	+31,0	+18,0	Nuageux.	N. E.
12	762,90	+22,8	75	761,84	+26,5	74	760,36	+28,0	64	759,07	+21,8	71	+28,0	+17,1	Nuages clairs.	N. O.
13	754,08	+27,4	69	752,48	+34,7	51	752.35	+30,9	50	753,55	+24,0	74	+35,0	+17,7	Nuageux.	S.
14	753,65	+24,3	76	753,64	+27,5	67	753,65	+27,5	61	754,34	+20,4	76	+27,5	+19,5	Nuageux.	S. O.
15	754,60	+24,7	82	754 12	+30,0	70	752,37	+27,5	70	755,34	+16,7	95	+30,0	+16,7	Nuageux.	S.
16	758,53	+24,0	80	758,76	+26,3	66	758,70	+25,3	59	760,20	+18,5	84	+26,3	+17,0	Nuageux.	O.
17	761,14	+22,0	70	760,70	+24,0	62	758,80	+24,2	60	759,70	+18,7	70	+24,2	+17,2	Nuageux.	O. S. O.
18	757,23	+21,3	78	756,57	+27,5	59	755,70	+26,5	53	755,87	+21,3	75	+27,5	+16,0	Vapeurs et nuages	S. O.
19	756,05	+22,0	80	755,86	+21,7	88	755,80	+19 0	88	757,00	+17,7	93	+22,0	+17,7	Pluie.	O. S. O.
20	759,72	+22,0	82	759,26	+25,0	76	758,27	+25,3	77	758,42	+19,5	96	+25,3	+16,3	Pluie fine.	S. O.
21	757,50	+23,7	92	756,25	+26,5	74	754,40	+25,7	66	752,80	+19,2	86	+27,2	+17,0	Couvert.	S. O.
22	752,37	+22,3	82	752,15	+27,3	70	752,90	+24,4	70	755,26	+18,0	80	+27,3	+17,5	Nuageux.	S. O.
23	755,96	+22,5	68	756,45	+25,7	58	756,15	+23,7	53	757,14	+16,0	85	+25,7	+15,6	Très-nuageux.	O.
24	758,97	+20,0	75	759,00	+22,8	62	758,97	+24,3	55	759,78	+16,3	75	+24,3	+15,0	Nuageux.	N. O.
25	756,30	+21,6	68	754,82	+25,0	59	753,67	+22,2	58	751,57	+16,0	90	+25,0	+13,5	Très-nuageux.	S.
26	751,87	+12,7	91	752,09	+18,5	84	752,19	+18,8	74	753,27	+13,0	92	+18,8	+11,8	Nuageux.	S. O.
27	755,13	+18,7	85	754,40	+20,0	70	753,17	+20,2	66	751,40	+12,7	78	+20,2	+12,5	Gouttes d'eau.	S. O.
28	742,64	+13,8	98	740,86	+18,8	89	740,75	+18,3	85	743,97	+12 8	85	+19,5	+12,8	Nuageux.	S. fort.
29	746,36	+17,4	78	746,22	+20,7	70	746,60	+18,7	70	748,56	+13,7	86	+20,7	+11,5	Nuageux.	S. O. fort.
30	750,10	+15,8	80	750,57	+18,1	80	750,80	+18,8	80	752,10	+14,5	85	+18,8	+13,3	Très-nuageux.	S. O.
31	753,97	+19,4	76	753,50	+21,5	75	752,37	+22,2	75	751,36	+16,0	99	+22,5	+11,2	Très nuageux.	S. O.
1	757,40	+23,2	75	756.99	+27,3	64	756,37	+26,5	60	757,08	+19,6	80	+27,8	+16,0	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	758,24	+23,7	76	757,70	+27,2	67	756,90	+26,4	64	757,67	+20,2	81	+27,7	+17,3	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 4,280
3	752,83	+18,9	81	752,39	+22,3	72	752,00	+21,6	68	752,47	+15,3	86	+22,7	+13,8	Moyennes du 21 au 31.	Terrasse, 3,821
	756,05	+21,8	77	755,59	+25,5	68	754,99	+24,7	64	755,64	+18,2	84	+26,0	+15,6	Moyennes du mois.	+ 20,8.

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

Recherches expérimentales sur l'Électricité ; par M. *Michel Faraday*. Page 5
Sur la Paraffine et l'Eupione. 69
Analyse de la Paraffine ; par *Jules Gay-Lussac*. 78
Mémoire sur la Préparation du Bi-Oxide d'hydrogène ; par M. *Thenard*. 80
Sur l'Oxide rouge de Phosphore et sur la Matière blanche généralement regardée comme une combinaison de cet oxide et d'eau ; par *J. Pelouze*. 83
Sur les Combinaisons du Chlore avec le Soufre, le Sélénium et le Tellure ; par *H. Rose*. 92
Tablettes imitant l'ardoise pour écrire et calculer ; par *Henry Braconnot*. 109
Errata relatif à la note sur l'Ebullition des liquides. 111
Observations météorologiques du mois de mai. 112
Recherches expérimentales sur l'Electricité ; seconde série ; par *Michel Faraday*. 113
Lettre adressée à M. *Gay-Lussac*, contenant quelques observations sur la Matière colorante de la Garance ; par M. *Robiquet*. 163
Dissertation sur la Densité de la Vapeur de quelques corps simples ; par M. *J. Dumas*. 170
Recherches sur les Combinaisons de l'Hydrogène et du Carbone ; par M. *J. Dumas*. 182

Recherches sur la Forme des Atomes; par M. *A. Baudrimont.* 193

Note sur la Composition de l'Alliage qui forme la cloche d'argent renfermée dans le beffroi de Rouen; par M. *Girardin.* 205

Examen de la Boue noire provenant des égouts; par M. *H. Braconnot.* 213

Bulletin des Séances de l'Académie royale des Sciences. 216

Observations météorologiques du mois de juin. 224

Mémoire sur les Substances végétales qui se rapprochent du Camphre et sur quelques Huiles essentielles; par M. *J. Dumas.* 225

Nouvelles recherches sur l'Opium; par *J. Pelletier.* 240

Nouvelles expériences magnéto-électriques; par MM. *Nobili* et *Antinori.* 280

Nouveau moyen de préserver le Fer et l'Acier de l'Oxidation; par M. *Payen.* 305

Mémoire sur l'Influence qu'exerce la présence de l'eau dans un grand nombre de Réactions chimiques; par M. *Pelouze.* 314

Action du Chlore sur la Gomme; par M. *Simonin.* 319

Nouvelle construction d'une Machine électro-magnétique. 322

Sur la Force magnétique que peuvent prendre des Barreaux de fer doux sous l'influence des Courans électriques; par M. *Moll.* 324

Sur l'influence de la grandeur des élémens voltaïques pour développer la force magnétique dans le fer doux. 331

Extrait d'une lettre de M. *Liebig* à M. *Gay-Lussac*, sur le Radical de l'Acide benzoïque. 334

Observations météorologiques du mois de juillet. 336

Histoire chimique de la Méconine; par *J. P. Couerbe.* 337

Sur un nouveau Sulfate de Cuivre natif; par M. *P. Berthier.* 360

Sur la Préparation de la Zircône et du Titane; par M. *P. Berthier.* 362

Sur la Jusée et l'Ecorce de chêne. — Existence de la Pectine dans l'Ecorce des arbres; par M. *Henri Braconnot.* 376

Sur l'inflammation de la Fraxinelle (*dictamus alba*); par M. *Biot.* 386

De l'Action de l'Acide hyponitrique sur les Huiles, et des produits qui en résultent; par *Félix Boudet.* 391

Suite du Mémoire sur l'Influence qu'exerce la présence de l'Eau dans un grand nombre de Réactions chimiques; par M. *J. Pelouze.* 434

Sur le Principe colorant du Quartz cornaline; par M. *Gaultier de Claubry.* 438

Bulletin des Séances de l'Académie royale des Sciences. 441

Observations météorologiques du mois d'août. 445

FIN DE LA TABLE DU CINQUANTIÈME VOLUME.